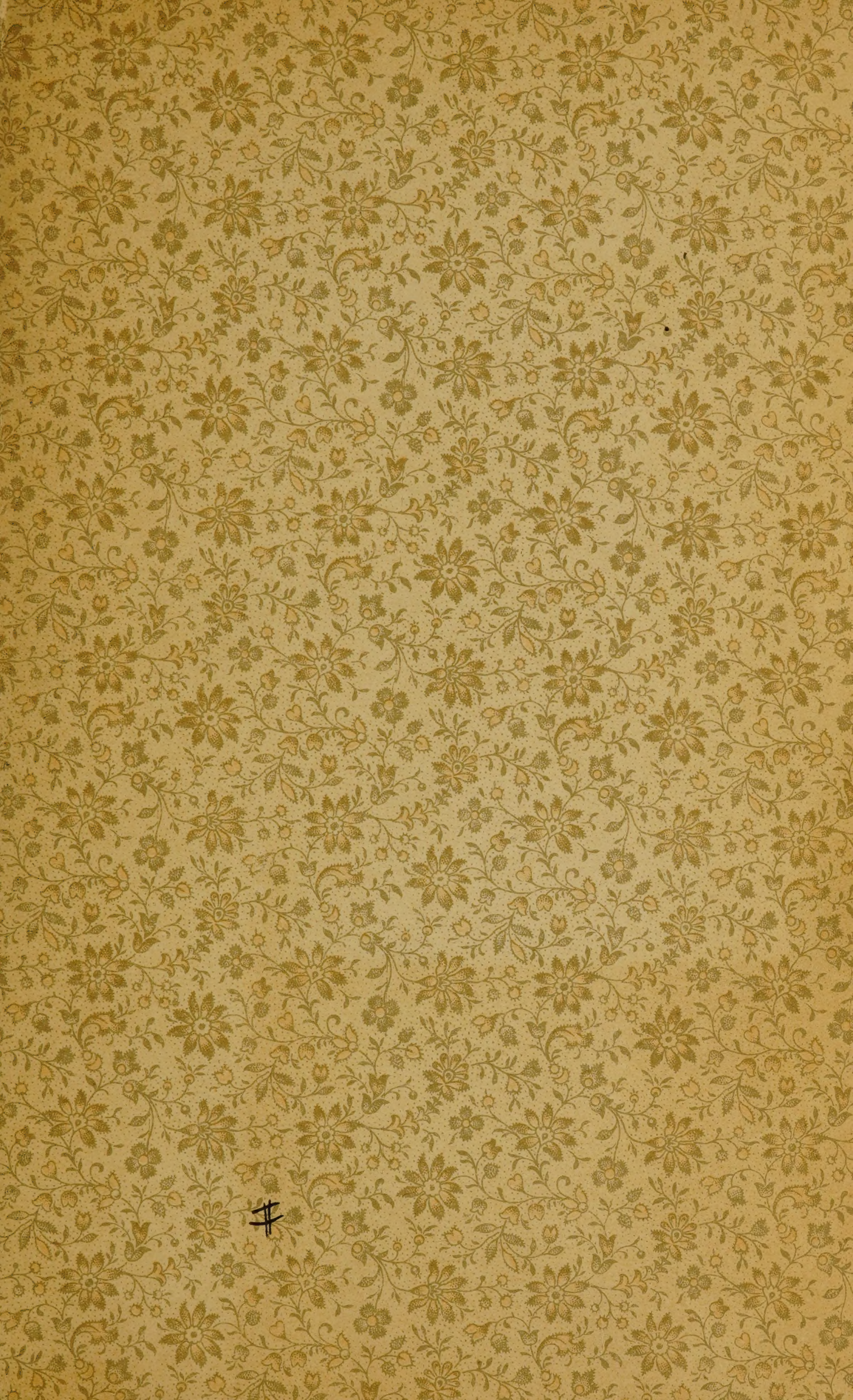






Dulk

Atomgewicht oder Atomgravitation?

Atomgewicht
oder
Atomgravitation?

Studie über die chemischen Elemente

von

Dr. Ludwig Dulk

Mit 45 Textillustrationen und 2 Tafeln

BRESLAU
Verlag von Eduard Trewendt
1898.

I. Einleitung.

Die Frage, ob Atomgewicht oder Atomgravitation das Richtige sei, ist gleichbedeutend mit einer Infragestellung der Fundamentalanschauung von der Einheitlichkeit der Materie. Wir sind gewohnt, alles Wägbare als Materie zu betrachten, und nehmen an, dass die Atome der chemischen Elemente aus verschiedenen Quantitäten ein und derselben Materie zusammengesetzt seien, dass also das Atomgewicht das relative Gewicht der das Atom zusammensetzenden Materie sei.

In Gegensatz zu dieser Anschauung stellt sich die Annahme der Atomgravitation anstatt des Atomgewichts mit der Hypothese, dass jedes chemische Element eine eigenartige Materie sei, und dass jedes Atom eines chemischen Elements mit einer dem Atomgewicht proportionalen Kraft eine dem Gravitationsgesetz entsprechende Anziehung auf seine Umgebung ausübe, dass also die wägbaren Körper deshalb wägbar d. h. dem Gravitationsgesetz unterworfen seien, weil sie aus chemischen Atomen bestehen, welche selbst die Gravitation erzeugen.

Zur Aufstellung dieser Frage, ob Atomgewicht oder Atomgravitation, führten allmählich meine Bemühungen, den chemischen Elementen greifbare äussere Gestalten zu geben, aus welchen die characteristischen Eigenschaften, die sie unterscheiden, erkennbar sein sollten. Man ist

längst darüber einig, dass das Atomgewicht als die einzige unveränderliche Eigenschaft eines chemischen Elements aufzufassen ist, und dass diese unveränderliche Eigenschaft die Erklärung für alle anderen veränderlichen Eigenschaften geben muss, aber die bisher aufgestellten Systeme der Atomgewichte haben noch nicht genügt, wenn auch in bekannter Weise ein bedeutender Erfolg durch dieselben erzielt wurde.

Dieser Unvollständigkeit der Erklärung der Atomgewichte können wir die Unzulänglichkeit der bisher versuchten Erklärungen des Gravitationsgesetzes gegenüberstellen; und ich rechne es als Verdienst meines Freundes M. Thiesen, dass er zu mir die Äusserung that: Eine richtige Erklärung der Atomgewichte muss auch eine Erklärung der Gravitation geben.

Diese Aeusserung führte mich zu der Annahme, dass die Atome die Gravitation selbst erzeugen müssen, da ja alle Materie, mit der nun einmal die Gravitation unzertrennbar verbunden ist, nur aus Atomen von chemischen Elementen besteht.

Aber wie sollten diese Atome beschaffen sein? Durch welchen Aufbau und aus welchen Grundsteinen könnten sie wohl die Kraft erzeugen, welche wir als Gravitation kennen? Zugleich müsste aber auch dieser Aufbau eine Erklärung geben für die so gewaltig verschiedenen chemischen und physikalischen Eigenschaften der verschiedenen chemischen Elemente. Der erste Schluss, der sich mir ergab, war der, — versuchsweise die Einheitlichkeit der Materie in Frage zu stellen, und zwar unter dem Einfluss folgender Ueberlegungen. Das Wasserstoff-Atomgewicht ist 1, das nächst grössere bekannte, das Lithium-Atomgewicht ist 7, es erscheint aber undenkbar, dass eine einfache Versiebenfachung der Materie die gewaltigen Unterschiede von Wasserstoff gegenüber Lithium hervorbringen sollte; namentlich da $2 \times 7 = 14$ das Atomgewicht des Stickstoffs ergiebt. Aehnliche Beispiele, welche gegen die

Einheitlichkeit der Materie sprechen, lassen sich vielfach aufstellen, es ist aber andererseits die Einheitlichkeit der Materie auch störend für die Erklärung der Eigenschaften von chemischen Elementen mit einander nahestehenden Atomgewichten, z. B. Stickstoff und Sauerstoff mit den Atomgewichten 14 und 16. Beide Körper sind im gewöhnlichen Zustand gasförmig, Stickstoff 3- und 5-werthig, Sauerstoff 2- 4- und 6-werthig. Der Stickstoff ist für gewöhnlich ein indifferentes Gas und scheint in der Atmosphäre nur dazu vorhanden zu sein, um uns den zur Athmung nothwendigen Sauerstoff in richtiger Weise zu verdünnen, aber wir könnten ihn den Mephisto unter den Elementen nennen, denn so harmlos er in der Atmosphäre ist, so gefährlich kann er sein, denn es giebt kaum einen explosiblen oder giftigen organischen Körper, dem nicht der Stickstoff diese Eigenschaft ertheilte. Demgegenüber erscheint der Sauerstoff als ein für alles organische Leben höchst nützliches Element, und man könnte ihn wegen seiner Fähigkeit, mit allen Elementen sich mit Leichtigkeit zu verbinden, den Don Juan unter den Elementen nennen.

Noch mehr aber, als durch solche Betrachtungen, wird der Glaube an die Einheitlichkeit der Materie erschüttert durch die Forderung, dass die Atome die alleinigen Erzeuger und Empfänger der Gravitation sein sollen, einer Kraft, welche proportional ist dem Produkt der auf einander wirkenden Summen von Atomgewichten, und welche, wie alle in die Ferne wirkenden Kräfte, umgekehrt proportional ist dem Quadrate der Entfernungen, und deren Fortpflanzungsgeschwindigkeit unendlich gross angenommen wird. Wenn diese Kraft auch klein ist im Verhältnis zu anderen der Materie innewohnenden latenten Kräften, so wird die Quelle aller dieser Kräfte doch eine gemeinsame sein müssen. Bedenken wir dabei, dass im Weltenraum die Gravitation der Gestirne gegeneinander ausgeglichen wird durch die jedem Weltkörper eigen-

thümlich innewohnende Rotation, so werden wir als Ursache der Gravitation auch eine den kleinsten materiellen Bestandtheilen, den Atomen, innewohnende rotirende Bewegung von materiellen Punkten oder Aetherwirbeln vermuthen können, und die Atome der verschiedenartigen Materien uns vorstellen können als in Rotation befindliche Systeme von Wirbeln, welche dem kosmischen Aether Bewegungen mittheilen und so Fernwirkungen ausüben proportional den Produkten von Gewichten oder Gravitationen der Atome.

II. Atomgewichte der chemischen Elemente.

Die chemischen Elemente sind Grundstoffe, welche zu ändern oder in einander überzuführen noch kein Mittel gefunden ist.

Es sind ungefähr 70 derselben bekannt, und ihre Atomgewichte sind in alphabetischer Reihenfolge geordnet nach einer Zusammenstellung von Ostwald folgende:

	für O = 16	für H = 1.
Aluminium . . .	Al = 27,1	27,0
Antimon	Sb = 120,3	119,92
Arsen	As = 75,0	74,78
Baryum	Ba = 137,0	136,6
Beryllium	Be = 9,1	9,07
Blei	Pb = 206,9	206,3
Bor	Bo = 11,01	10,97
Brom	Br = 79,96	79,71
Cadmium	Cd = 112,1	111,75
Cäsium	Cs = 132,9	132,5
Calcium	Ca = 40,0	39,87
Cer	Ce = 140,0	139,75
Chlor	Cl = 35,453	35,34
Chrom	Cr = 52,3	52,12
Didym { Praseodum	Pr = 143,6	143,15
Didym { Neodym .	Nd = 140,8	140,37
Eisen	Fe = 56,0	55,83

	für O = 16	für H = 1.
Erbium	Er = 166,0	165,5
Fluor	Fl = 19,0	18,94
Gallium	Ga = 69,9	69,68
Germanium . . .	Ge = 72,3	72,08
Gold	Au = 197,2	196,6
Indium	In = 113,7	113,3
Iridium	Ir = 193,2	192,6
Jod	J = 126,86	126,47
Kalium	Ka = 39,14	39,02
Kobalt	Co = 59,0	58,8
Kohlenstoff . . .	C = 12,0	11,96
Kupfer	Cu = 63,3	63,1
Lanthan	La = 138,5	138,0
Lithium	Li = 7,03	7,01
Magnesium . . .	Mg = 24,38	24,30
Mangan	Mn = 55,0	54,83
Molybdän	Mo = 95,9	95,6
Natrium	Na = 23,06	22,99
Nickel	Ni = 59,0	58,82
Niob	Nb = 94,2	93,9
Osmium	Os = 192,0	191,4
Palladium	Pd = 106,0	105,7
Phosphor	P = 31,03	30,93
Platin	Pt = 194,8	194,2
Quecksilber . . .	Hg = 200,4	199,8
Rhodium	Rh = 103,0	102,7
Rubidium	Rb = 85,4	85,14
Ruthenium	Ru = 103,8	103,48
Samarium	Sm = 150,0	149,5
Sauerstoff	O = 16,0	15,95
Scandium	Sc = 44,1	43,96
Schwefel	S = 32,06	31,96
Selen	Se = 79,1	78,85
Silber	Ag = 107,938	107,60
Silicium	Si = 28,40	28,31

		für O = 16	für H = 1.
Stickstoff	N	= 14,04	14,00
Strontium	Sr	= 87,5	87,2
Tantal	Ta	= 182,5	182,0
Tellur	Te	= 125,0	124,6
Thallium	Tl	= 204,1	203,5
Thorium	Th	= 232,4	231,7
Thulium	Tm	= 171,0	170,4
Titan	Ti	= 48,1	47,95
Uran	Ur	= 239,4	238,65
Vanadin	Va	= 51,2	51,04
Wasserstoff . . .	H	= 1,0032	1,00
Wismuth	Bi	= 208,0	207,3
Wolfram	Wo	= 184,0	183,4
Ytterbium	Yb	= 173,2	172,6
Yttrium	Y	= 88,7	88,4
Zink	Zn	= 65,5	65,3
Zinn	Sn	= 118,1	117,72
Zircon	Zr	= 90,7	904,2

In dieser Tabelle sind dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechend die Atomgewichte ausgerechnet einerseits für O = 16 und andererseits für H = 1. Es ist dieser Berechnung das Verhältnis von H:O = 1:15,95 zu Grunde gelegt, wie es in unzähligen der genauesten Analysen ermittelt worden ist. Dennoch sind wir berechtigt, dieses Verhältnis in Frage zu stellen, denn aus der Zusammensetzung des Wassers ermittelten nach verschiedenen sinnreich erdachten Untersuchungsmethoden das Verhältnis von H:O mit einem angeblichen Fehler von ± 0,0022

Jul. Thomson	= 1:15,869
Cooke und Richard	= 1:15,867
Rayleigh und Scott	= 1:15,882
Morley	= 1:15,879
Noyes	= 1:15,886
Dittmar und Henderson	= 1:15,867
Leduc	= 1:15,881.

Trotz dieser grossartigen Uebereinstimmung der Resultate wird aber von den Chemikern allgemein dieses Verhältnis = 1:15,95 gesetzt. Als weiteres Beispiel dafür, wie schwierig es ist, ein Atomgewicht definitiv zu bestimmen, mag gelten, dass in obiger Tabelle das Atomgewicht von Platin mit 194,8 resp. 194,2 angegeben ist, während im ganzen Handel mit Kalisalzen für alle analytischen Bestimmungen des Kalium als Kaliumplatinchlorid Pt = 197,18 berechnet wird. Dennoch ist die genaue Kenntniss der Atomgewichte von grossem Werthe und da sie nicht durch experimentelle Arbeiten erreicht worden ist, wäre die Aufstellung einer neuen Hypothese, welche eine genaue Berechnung der Atomgewichte gestattet, wohl von Nutzen.

Die Verschiedenartigkeit der Grundstoffe und die Gemeinsamkeit gewisser Eigenschaften, welche vermuthen lässt, dass bestimmte Gruppen von Elementen ein gemeinsames Radikal enthalten oder eine Aehnlichkeit in der Structur besitzen, hat Lothar Meyer zur Aufstellung eines periodischen und Mendelejeff zur Aufstellung eines natürlichen Systemes der Atomgewichte geführt. Beide Systeme lassen gewisse Beziehungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente zur Grösse des Atomgewichtes erkennen. Es sei hier das von Mendelejeff gegebene System zur Orientirung über die natürlichen Gruppen unter den Elementen wiedergegeben.

H=1			
Li=7	Be=9	Bo=11,0	C=12
Na=23	Mg=24	Al=27,0	Si=28
Ka=39	Ca=40	Se=44	Ti=48
Cu=63,3	Zn=65	Ga=69	Ge=72
Rb=85	Sr=87,5	Y=89	Zr=90
Ag=107,6	Cd=111,7	Jn=113,4	Sn=118
Cs=133	Ba=136,8	La=138,5	Ce=141
Au=196	Hg=200	Er=166	Pb=206,4
		Tl=204	Th=232

N=14	O=16	Fl=19	Fe=56	Co=58,3
P=31	S=32	Cl=35,4	Ni=58,6	Cu=63
Va=51,5	Cr=52,5	Mn=55		
As=75	Se=78,8	Br=79,8		
Nb=94	Mo=96		Ru=103,5	Rh=104
Sb=120	Te=126	J=126·5	Pd=106	Ag=107,6
Di=145				
Ta=182	Wo=184		Os=191	Jr=192,6
Bi=207,5	U=240		Pt=194	Au=196.

Eine solche Zusammenstellung ist gewiss interessant und lehrreich, aber die Hoffnungen, welche durch solche Systeme erweckt wurden, sind leider nicht den Wünschen entsprechend in Erfüllung gegangen.

Als Grund dafür möchte ich das Fehlen einer exacten Grundlage für diese Systeme vermuthen. Vielleicht gelingt es, auf dem von mir eingeschlagenen Wege zu befriedigenderen Resultaten zu gelangen.

III. Berechnung von Atomgewichtszahlen mit Hilfe des Gravitationsprincips.

Der oben schon erwähnte Satz: »Eine richtige Vorstellung von dem Wesen der Atome muss eine Erklärung der Gravitation geben,« lässt sich umkehren in folgenden Satz: »Die Gravitation muss eine Erklärung der Atomgewichte geben.«

Wir verdanken den bahnbrechenden Arbeiten von Stas eine Genauigkeit der Atomgewichtsbestimmungen, welche die Annahme von Prout, dass der Wasserstoff die Urmaterie, und die anderen Atome einfache Vielfache desselben seien, zu Fall brachte.

Dennoch wollen wir jetzt bei unseren Betrachtungen vom Wasserstoff mit dem Atomgewicht 1 ausgehen, unter der Annahme, dass Wasserstoff die einfachste Form von Materie sei.

Das Atomgewicht H = 1 soll nach dem Gravitationsprincip berechnet werden. Dazu brauchen wir uns nur, wie die Zeichnung von Fig. 1 es veranschaulicht, 2 Punkte, jeden derselben als Einheit = 1 gesetzt, vorzustellen, welche in der Entfernung 1 auf einander wirken proportional dem Produkt der 2 Punkte und dem umgekehrten Quadrat der Entfernung dieser 2 Punkte; dann haben wir als Gravitation in diesem Punktsystem

$$\frac{1 \cdot 1}{1^2} = 1$$

und setzen dieses gleich dem Wasserstoff-Atomgewicht H = 1.

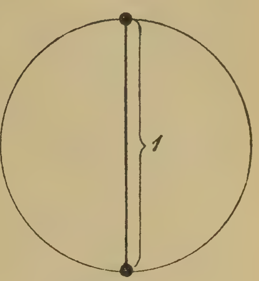


Fig. 1.

IV. Atomgewichtsberechnung für die Alkali- und Erdalkali-Metalle.

Theilt man die Entfernung dieser 2 Punkte durch die in einfachem Verhältniss stehenden Zahlen: 2, 3, 4, 6, und 7,5, so gelangt man, nach demselben Grundsatze weiter rechnend, wie ich schon 1885 und 1886 in den Ber. der deutsch-chem. Ges. gezeigt habe, zu den Zahlen der Atomgewichte der Alkalimetalle in folgender Weise.

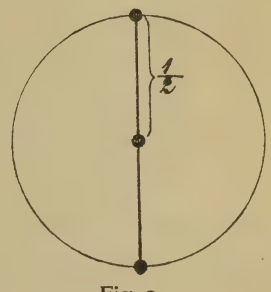


Fig. 2.

Theilt man die Entfernung der 2 Punkte durch 2, d. h. setzt man, wie Fig. 2 es zeigt, in die Mitte zwischen diese 2 Punkte einen dritten Punkt, so sind je 2 Punkte vorhanden in der Entfernung von $\frac{1}{2}$; es wirken also zwischen den 3 Punkten 2 Anziehungs-

kräfte, deren jede $\frac{1 \cdot 1}{(\frac{1}{2})^2} = 4$ ist. Die Summe dieser 2 Gravitationen ist $2 \cdot 4 = 8$.

Diese 2 Gravitationen sind aber nicht unabhängig von einander, sondern zu einem System verbunden; bringen wir daher, um dieser Bindung einen Ausdruck zu geben, von der Summe dieser 2 Gravitationen die zwischen den 2 äusseren Punkten vorhandene Anziehungskraft in Abzug, welche in Fig. 1 mit dem Werthe 1 berechnet wurde, so erhält man als Atomgewichtszahl für Lithium

$$2 \frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - \frac{1}{1^2} = 7{,}0 = \text{Li}.$$

Die folgenden 4 Atomgewichtszahlen berechnen sich aus der Gleichung:

$$2 \frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2 \cdot a^2} \left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)} \right]^2 = \text{Atomgewicht},$$

wenn für a nach einander die Werthe 3, 4, 6, 7,5, eingesetzt werden. In dieser Gleichung bedeutet $\frac{1}{a^2}$ die Gravitation zwischen 2 in der Entfernung a von einander befindlichen Punkten, $2 \cdot \frac{1}{a^2}$ also in 2 Punktpaaren zweimal diese Gravitation; und der zweite Ausdruck

$$\frac{1}{a^2} \cdot \frac{1}{a^2} \cdot \left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)} \right]^2$$

bedeutet die Gravitation eines Punktpaares $\frac{1}{a^2}$ multiplicirt mit der Gravitation des zweiten Punktpaares $\frac{1}{a^2}$ und dividirt durch $\left[2\left(\frac{1}{a^2} - 1\right)\right]^2$, das Quadrat der relativen Entfernung.

Mit $a = \frac{1}{3}$ erhält man zur Berechnung von Fig. 3

$$2\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{3}} - 1\right)}\right]^2 = 2\cdot 9 + 9\cdot 9(\tfrac{1}{4})^2 = 18$$

$$+ 5{,}06 = 23{,}06 = \text{Na}.$$

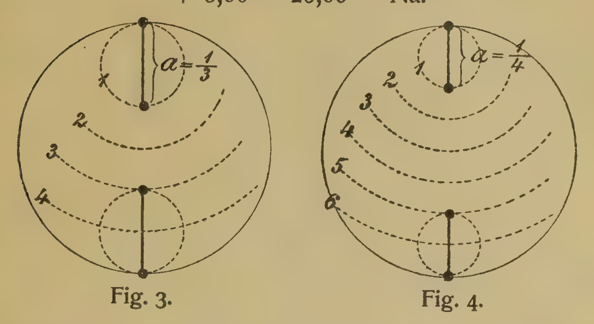


Fig. 3. Fig. 4.

Mit $a = \frac{1}{4}$ erhält man zur Berechnung von Fig. 4

$$2\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\cdot\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{4}} - 1\right)}\right]^2 = 2\cdot 16 + 16\cdot 16\cdot(\tfrac{1}{6})^2$$

$$= 32 + 7{,}111 = 39{,}111 = \text{Ka}.$$

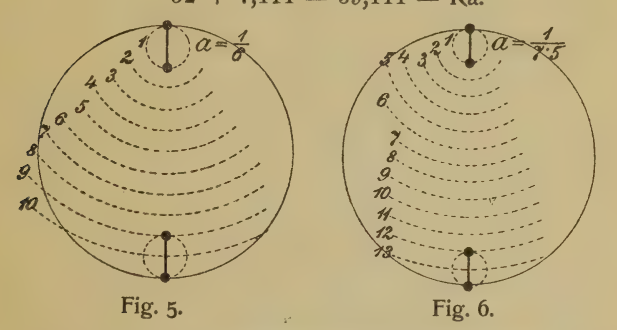


Fig. 5. Fig. 6.

Mit $a = \frac{1}{6}$ erhält man zur Berechnung von Fig. 5

$$2\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{6})^2}\cdot\frac{1}{(\frac{1}{6})^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{6}} - 1\right)}\right]^2 = 2\cdot 36 + 36\cdot 36(\tfrac{1}{10})^2$$

$$= 72 + 12{,}96 = 84{,}96 = \text{Rb}.$$

Die Tabelle von Ostwald giebt dafür Rb = 85,4 resp. 85,14, also einen Unterschied, der keine Bedeutung hat.

Mit $a = \frac{1}{7,5}$ erhält man zur Berechnung von Fig. 6

$$2\frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2}\frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{7,5}} - 1\right)}\right]^2 = 2 \cdot 56,25 +$$

$$56,25 \cdot 56,25 \left(\tfrac{1}{13}\right)^2 = 112,5 + 18,61 = 131,11 = \text{Cs}.$$

Die Tabelle von Ostwald giebt als Atomgewicht von Cäsium 132,9 resp. 132,5. Diese Zahl ist ungefähr um 1 Procent grösser als die berechnete. Es fragt sich, welche Zahl die richtige ist.

Nachdem auf diese Weise aus den denkbar einfachsten Zahlenverhältnissen auf der Grundlage des Gravitationsprincips die Atomgewichte der Alkalimetalle berechnet und mit dem Atomgewicht des Wasserstoffs in Zusammenhang gebracht worden sind, stellt sich als nächste Aufgabe die Berechnung der im Charakter als electropositive Elemente den besprochenen am nächsten stehenden alkalischen Erdmetalle.

Die Atomgewichte der zweiwerthigen alkalischen Erdmetalle stehen in engster Beziehung zu der Reihe der besprochenen Alkalimetalle; und von den dreiwerthigen Erdmetallen können wir die Atomgewichte von Aluminium, ferner von Yttrium und Lanthan, den zwei dreiwerthigen Erdmetallen, welche am meisten einen alkalischen Charakter haben, hinzuziehen. Es scheint mir, dass folgende Zusammenstellung einige Berechtigung hat.

$$\begin{aligned} 7,0 &= \text{Li} \\ 18 + 5,06 &= \text{Na} \\ 32 + 7,111 &= \text{Ka} \\ 72 + 12,96 &= \text{Rb} \\ 112,5 + 18,61 &= \text{Cs} \end{aligned}$$

$7{,}0+2 = 9{,}0 = \mathrm{Be}$		$3(7{,}0+2) = 27{,}0 = \mathrm{Al}$
$18 + 5{,}06\,(1+\frac{1}{4}) = 24{,}328 = \mathrm{Mg}$		
$32 + 7{,}111(1+\frac{1}{8}) = 40{,}0 = \mathrm{Ba}$		
$72 + 12{,}96\,(1+\frac{1}{8}) = 86{,}58 = \mathrm{Sr}$		$72 + 12{,}96(1+\frac{1}{3}) = 89{,}28 = \mathrm{Y}$
$112{,}5+18{,}61\,(1+\frac{1}{4}) = 135{,}76 = \mathrm{Ba}$		$112{,}5+18{,}61(1+\frac{1}{3}) = 137{,}31 = \mathrm{La}$

Nach dieser Berechnungsweise werden Sr und Ba ebenso wie Rb und Cs etwas zu klein, ebenso La, dagegen Y etwas zu gross. Die Ostwald'sche Zusammenstellung giebt:

Sr =	87,5	resp.	87,2
Ba =	137,0	resp.	136,6
La =	138,5	resp.	138,0
Y =	88,7	resp.	88,4.

Die Atome von Beryllium und Aluminium möchte ich mir zusammengesetzt denken aus 2 resp. 3 Lithium-Atomen, welche unter einem Winkel von 90° resp. 60°, wie es Fig. 7 und 8 veranschaulichen, mit gemeinsamem Mittelpunkt übereinander gelegt und durch eine Anziehungskraft, welche für jeden Werth = 7 die Grösse = 2 hat, mit einander verbunden sind.

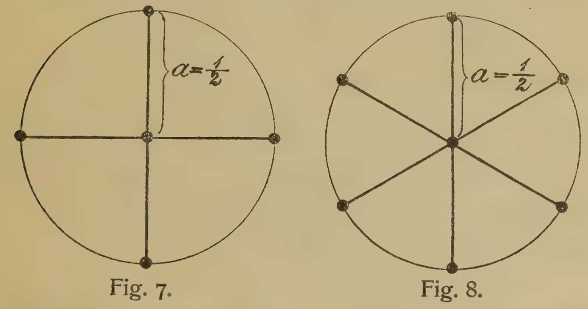


Fig. 7. Fig. 8.

Aus Fig. 7 berechnet sich also $2(7+2) = 2 \cdot 9{,}0 = 2\,\mathrm{Be}$.
Aus Fig. 8 berechnet sich ebenso $3(7+2) = 27{,}0 = \mathrm{Al}$.

Eine Definition des Werthes von 7,0 ist oben bei der Berechnung des Lithium-Atoms gegeben worden. Die Definition des Werthes von 2,0 in diesem Falle kann ich noch nicht mit genügender Sicherheit geben.

Der Fig. 7 entsprechend wird das Beryllium-Atom dargestellt als $2 \cdot 9{,}0 = 2\,Be$, und in Uebereinstimmung damit geben die folgenden Figuren 9, 11, 12 und 13 den doppelten Werth der entsprechenden Atomgewichte.

Fig. 9 zeigt zwei kreuzweise übereinandergelegte Natrium-Atome mit der Entfernung $a = \frac{1}{3}$ zwischen den paarweisen Punkten. Zur Berechnung der Fig. 9 nehmen wir an

$$4\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + 2\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} \cdot \frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{3}} - 1\right)}\right]^2 (1 + \tfrac{1}{4}) = 4 \cdot 9 +$$

$$2 \cdot 9 \cdot 9\,(\tfrac{1}{4})^2 \cdot (1 + \tfrac{1}{4}) = 2(18 + 5{,}06 \cdot \tfrac{5}{4}) = 2 \cdot 24{,}328 = 2\ Mg.$$

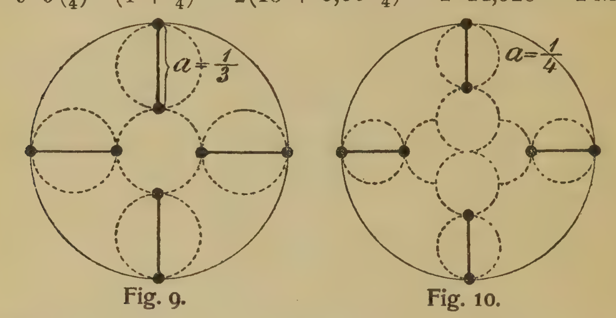


Fig. 9. Fig. 10.

Was in dem zweiten Ausdruck der Gleichung die Klammer $(1 + \frac{1}{4})$ bedeutet, will ich vorläufig nicht weiter verfolgen; es genügt mir die Annahme, dass dieses eine doppelte Bindung vorstelle gegenüber der in Fig. 3 beim Natrium-Atom angenommenen einfachen Bindung. Die doppelte Bindung hat hier den Ausdruck

$$\frac{1}{a^2} \cdot \frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)}\right]^2 (1 + \tfrac{1}{4}).$$

Dem gegenüber hat bei der Berechnung des Calcium-Atoms die doppelte Bindung den Ausdruck

$$\frac{1}{a^2} \cdot \frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)}\right]^2 (1 + \tfrac{1}{8}).$$

Eine einfache Ursache dieser Verschiedenheit möchte ich, wie Fig. 10 zeigt, darin suchen, dass mit $a = \frac{1}{4}$ die aus Fig. 4 entnommenen Kalium-Atome kreuzweise übereinandergelegt Kreise zeigen, welche in der Richtung des Durchmessers einander berührend durchgezeichnet, in der Mitte der Fig. 10 nicht einen gemeinsamen Kreis zeigen, wie Fig. 9 es thut. Daher möchte ich für das Calcium-Atom nicht Fig. 10 als wahrscheinlich annehmen, sondern Fig. 11, und damit den Factor $(1 + \frac{1}{8})$ erklären, anstatt des bei Fig. 9 berechneten Factors $(1 + \frac{1}{4})$.

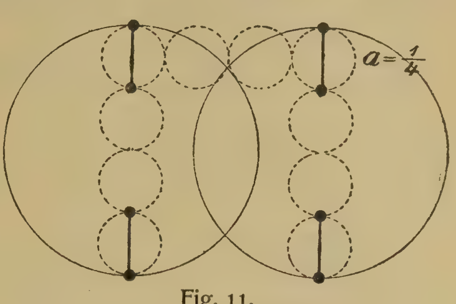


Fig. 11.

Thatsächlich zeigen auch die Elemente Magnesium und Calcium einigermassen verschiedene Eigenschaften, so dass man eine Verschiedenheit in der Structur wohl annehmen kann. Es ist

$$4 \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + 2 \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} \left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{4}} - 1\right)}\right]^2 (1 + \tfrac{1}{8}) =$$

$$2(32 + 7{,}111 \cdot \tfrac{9}{8}) = 2 \cdot 40{,}0 = 2\,\text{Ca}.$$

Aus demselben eben entwickelten Grunde muss auch für das nächste Glied dieser Reihe, für das Strontium-Atom eine der Fig. 11

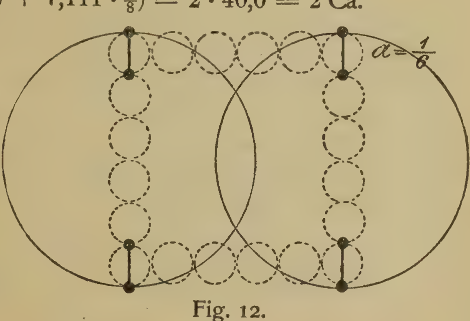


Fig. 12.

entsprechende Fig. 12, und für das Baryum-Atom eine der Fig. 9 entsprechende Fig. 13 gezeichnet werden.

Aus Fig. 12 berechnet sich nach der Gleichung:

$$4\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + 2\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2}\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{6}} - 1\right)}\right]^2 (1 + \tfrac{1}{8}) =$$

$$2(72 + 12{,}96 \cdot \tfrac{9}{8}) = 2 \cdot 86{,}58 = 2\ \text{Sr.}$$

Aus Fig. 13 berechnet sich nach der Gleichung:

$$4\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + 2\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2}\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{\frac{1}{7{,}5}} - 1\right)}\right]^2 (1 + \tfrac{1}{4}) =$$

$$2(112{,}5 + 18{,}61 \cdot \tfrac{5}{4}) = 2 \cdot 135{,}76 = 2\ \text{Ba.}$$

Aehnlich wie für die zweiwerthigen alkalischen Erdmetalle die Atomgewichte angenähert berechnet worden sind aus den vorher gegebenen Berechnungen der einwerthigen Alkali-Atome dadurch, dass je 2 der letzteren zu einer nach zwei Richtungen symmetrischen Figur vereinigt wurden und zu der einfachen Bindung noch eine zweite Bindung hinzugerechnet worden ist, — in ähnlicher Weise möchte ich in den Fig. 14 und 15 die dreiwerthigen alkalischen Erdmetalle zusammengesetzt denken aus je 3 einwerthigen Alkali-Atomen, welche nach 3 Richtungen symmetrisch angeordnet ausser der einfachen Bindung noch eine zweite und eine dritte anzunehmen gestattet. Der Zahlenwerth dieser zweiten und dritten Bindung zusammengenommen müsste ungefähr in folgender Gleichung zu finden sein.

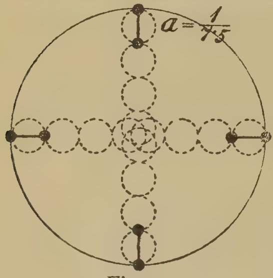


Fig. 13.

$$3\left[2\cdot\frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2}\cdot\frac{1}{a^2}\left(\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)}\right)^2 (1+\tfrac{1}{3})\right] = 3 \cdot \text{Atomgewicht.}$$

Diese Gleichung giebt für Fig. 14 mit $a = \frac{1}{6}$

$$3[72 + 12,96(1 + \tfrac{1}{3})] = 3 \cdot 89,87 = \text{ca. } 3\ \text{Y}$$

und für Fig. 15 mit $a = \frac{1}{7,5}$

$$3[112,5 + 18,61(1 + \tfrac{1}{3})] = 3 \cdot 137,31 = \text{ca. } 3\ \text{La.}$$

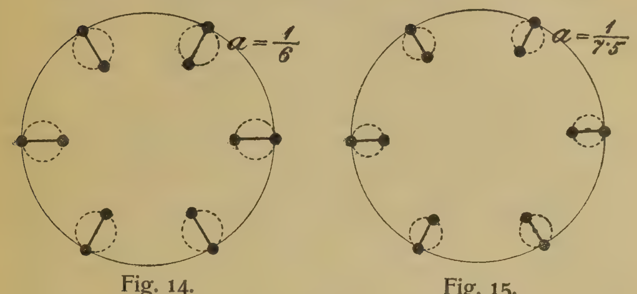


Fig. 14. Fig. 15.

Eine genaue Berechnung und Begründung der Berechnungsweise vermag ich heute noch nicht zu geben. Desgleichen will ich hier noch nicht der Frage näher treten, ob nicht auch das Scandium in diese Reihe gehört und ob ein dem zweiwerthigen Magnesium entsprechendes dreiwerthiges Element wahrscheinlich ist. Es scheint mir aber deutlich aus meinem System hervorzugehen, dass der Alkalireihe correspondirend eine Reihe von zweiwerthigen und eine Reihe von dreiwerthigen alkalischen Erdmetallen gedacht werden kann; dass damit aber eine symmetrische Gruppirung der Alkali-Atomfiguren erschöpft ist, und anderweitige denselben nahestehende Atome nicht mehr denkbar sind.

V. Atomgewicht-Berechnung für die electronegativen Elemente.

Eine von den Alkalimetallen durchaus verschiedene aber chemisch ebenso scharf characterisirte Gruppe von Elementen bilden folgende 3 Reihen mit den Atomgewichten:

N	=	14,041	—	14,00	O	=	16,0	—	15,95
P	=	31,03	—	30,93	S	=	32,06	—	31,96
As	=	75,0	—	74,78	Se	=	79,1	—	78,85
Sb	=	120,3	—	119,92	Te	=	125,0	—	124,6

Fl	=	19,0	—	18,94
Cl	=	35,453	—	35,34
Br	=	79,96	—	79,71
J	=	126,86	—	126,47.

Die Atome der ersten Reihe, der Stickstoff-Reihe, sind 3- und 5-werthig, diejenigen der zweiten Reihe 2-, 4- und 6-werthig, diejenigen der dritten Reihe 1-, 3-, 5, und 7-werthig. Dieser Unterschied in der Verbindungsfähigkeit der Atome kann einigermassen bildlich veranschaulicht werden, wenn es gelingt, für die erste Reihe das reguläre Dreieck, für die zweite Reihe das Viereck und für die dritte Reihe das Sechseck der Berechnung der Atomgewichte zu Grunde zu legen. Eine solche Anordnung gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man die für die Alkalimetalle gezeichneten Atomfiguren damit vergleicht, in folgender Beziehung. Die Atomgewichte der Alkalimetalle, der am meisten electropositiven Elemente, haben in der Zeichnung Figuren erhalten mit Punktsystemen, deren Verbindungslinien durch den Kreismittelpunkt gehen. Wählen wir für die Stickstoffreihe als Grundfigur das Dreieck, so gehen die Verbindungslinien der Punktsysteme nicht mehr durch den Kreismittelpunkt, das Atom erhält einen electronegativen Character. Beim Viereck und noch mehr beim Sechseck entfernen sich die Verbindungslinien der Ecken immer weiter vom Kreismittelpunkt und dementsprechend wird auch der Character des Atoms immer mehr electronegativ.

Für den Entwurf der Figuren für die Atome dieser 3 Reihen diene folgende die Atomgewichtszahlen ziemlich genau wiedergebende Berechnung als vorbereitend.

Es wird ausser dem bisher bei den Alkalimetallen

allein angewendeten Werthe a, der die besprochenen verschiedenen, im einfachsten Verhältniss zu einander stehenden Zahlen $\frac{1}{2}$; $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{6}$; $\frac{1}{7,5}$ bedeutet, ein neuer Werth b in die Berechnung eingeführt, und zwar gilt

für die Stickstoffreihe $b = \frac{3}{2}$
für die Sauerstoffreihe $b = 2$
für die Fluorreihe $b = 1 + \sqrt{3} = 2,732$
resp. für Chlor $\beta = 2 + \sqrt{3} = 3,732.$

Die Atomgewichte der Stickstoffreihe können folgendermassen berechnet werden mit $b = \frac{3}{2}$

$$8\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 8(1 + \tfrac{1}{2} \cdot \tfrac{3}{2}) = 14,0 = \mathrm{N}$$

$$4\left(7 + \frac{b}{2}\right) = 4(7 + \tfrac{1}{2} \cdot \tfrac{3}{2}) = 31,0 = \mathrm{P}$$

ferner mit $a = \frac{1}{6}$

$$2\frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2} \cdot \frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)}\right]^2 \cdot \frac{1}{a}\left(1 + \frac{b}{2}\right)\frac{1}{6 \cdot 8} = 2 \cdot 6^2 +$$

$$12,96 \cdot 6 \cdot (1 + \tfrac{3}{4})\frac{1}{6 \cdot 8} = 72 + 2,83 = 74,83 = \mathrm{As}$$

und mit $a = \frac{1}{7,5}$

$$2\frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2} \cdot \frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)}\right]^2 \cdot \frac{1}{a}\left(1 + \frac{b}{2}\right)\frac{1}{4 \cdot 8} = 2 \cdot 7,5^2 +$$

$$18,61 \cdot 7,5(1 + \tfrac{3}{4})\frac{1}{4 \cdot 8} = 112,5 + 7,64 = 120,14 = \mathrm{Sb}.$$

Die Atomgewichte der Sauerstoffreihe können folgendermaassen berechnet werden mit $b = 2$

$$8\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 8(1 + 1) = 16,0 = 0$$

$$4\left(7 + \frac{b}{2}\right) = 4(7 + 1) = 32,0 = \mathrm{S}$$

ferner mit $a = \frac{1}{6}$

$$2\frac{1}{a^2}+\frac{1}{a^2}\cdot\frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a}-1\right)}\right]^2\frac{1}{a}\left(1+\frac{b}{2}\right)\frac{1}{3\cdot 8}=2\cdot 6^2+$$

$$12{,}96\cdot 6(1+\tfrac{2}{2})\cdot\frac{1}{3\cdot 8}=72+6{,}48=78{,}48=\text{Se}$$

und mit $a=\frac{1}{7{,}5}$ aus derselben Gleichung

$$2\cdot 7{,}5^2+18{,}61\cdot 7{,}5(1+\tfrac{2}{2})\frac{1}{3\cdot 8}=112{,}5+11{,}63=124{,}13=\text{Te}.$$

Diese Gleichung hat grosse Aehnlichkeit mit der für Arsen und Antimon gebrauchten, sie unterscheidet sich nur durch den letzten Factor, der für Arsen $\frac{1}{6\cdot 8}$; für Antimon $\frac{1}{4\cdot 8}$; für Selen und Tellur $\frac{1}{3\cdot 8}$ genommen werden musste.

Die Atomgewichte der Fluor-Reihe können folgendermassen berechnet werden:
mit $b=1+\sqrt{3}=2{,}732$

$$8\left(1+\frac{b}{2}\right)=8\left(1+\frac{2{,}732}{2}\right)=18{,}928=\text{Fl}$$

und mit $\beta=2+\sqrt{3}=3{,}732$

$$4\cdot\left(7+\frac{\beta}{2}\right)=4\left(7+\frac{3{,}732}{2}\right)=28+7{,}464=35{,}464=\text{Cl}.$$

Ferner berechnet sich, wenn man wieder $b=1+\sqrt{3}=2{,}732$, ebenso wie bei Fluor, einsetzt, aus derselben Gleichung, wie sie für Selen und Tellur angewendet wurde, aus:

$$2\frac{1}{a^2}+\frac{1}{a^2}\cdot\frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a}-1\right)}\right]^2\cdot\frac{1}{a}\left(1+\frac{b}{2}\right)\cdot\frac{1}{3\cdot 8}$$

$$\text{mit } a=\tfrac{1}{6}\ldots.\ 2\cdot\frac{1}{(\frac{1}{6})^2}+12{,}96\cdot 6\cdot\left(1+\frac{2{,}732}{2}\right)\frac{1}{3\cdot 8}$$

$$=72+7{,}666=79{,}666=\text{Br}$$

mit $a = \frac{1}{7{,}5} \ldots 2 \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + 18{,}61 \cdot 7{,}5 \left(1 + \frac{2{,}732}{2}\right) \frac{1}{3 \cdot 8}$

$$= 112{,}5 + 13{,}73 = 126{,}23 = \text{J}.$$

Es giebt also unter Einsetzung der 3 verschiedenen Werthe von b der Ausdruck $8\left(1 + \frac{b}{2}\right)$ die Atomgewichte von Stickstoff, Sauerstoff und Fluor, und der Ausdruck $4\left(7 + \frac{b}{2}\right)$ die Atomgewichte von Phosphor, Schwefel und Chlor. Ferner lassen sich mit der Gleichung

$$2 \frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^2 \cdot a^2} \left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a} - 1\right)} \right]^2 \frac{1}{a} \left(1 + \frac{b}{2}\right) \frac{1}{3 \cdot 8} = \text{Atomgewicht}$$

durch Einsetzen der betreffenden Werthe von a und b die Atomgewichte von Selen, Tellur, Brom und Jod berechnen, während für die Berechnung der Atomgewichte von Arsen und Antimon an dem letzten Factor der Gleichung eine kleine Veränderung vorgenommen werden musste. Die hier angedeutete Berechnungsweise führte zu den folgenden genaueren Berechnungen und zu einem Wege, diese Atomgewichte nach den bisher angewendeten Grundsätzen logisch aus Zeichnungen zu berechnen, welche unter einander und mit den für die Alkalimetalle oben gegebenen in engem Zusammenhang und in folgerichtigem Verhältniss stehen.

Zeichnet man in gleich grosse Kreise je ein reguläres Dreieck, Viereck und Sechseck ein, so erhält man folgende Kantenlängen

beim Dreieck $a = \frac{1}{2}\sqrt{3}$,
beim Viereck $a = \frac{1}{2}\sqrt{2}$,
beim Sechseck $a = \frac{1}{2}$.

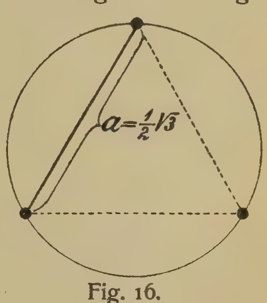


Fig. 16.

Nimmt man nun zwischen den Ecken dieser Figuren, als Punkte gedacht, dieselben Anziehungskräfte an, welche, wie bei den Alkali-Atomen, proportional sein sollen dem umgekehrten Quadrate der Entfernung, so hat man als Summe der Anziehungskräfte

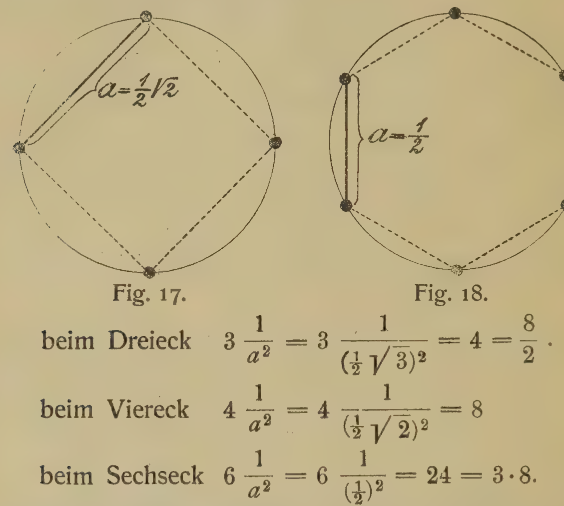


Fig. 17. Fig. 18.

beim Dreieck $3\,\frac{1}{a^2} = 3\,\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{3})^2} = 4 = \frac{8}{2}$.

beim Viereck $4\,\frac{1}{a^2} = 4\,\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{2})^2} = 8$

beim Sechseck $6\,\frac{1}{a^2} = 6\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} = 24 = 3 \cdot 8$.

Diese Anziehungskräfte sind es aber nicht allein, welche in diesen Punktanordnungen aufzutreten scheinen. Ich war bemüht, die neben denselben auftretenden Kräfte in Zusammenhang zu bringen, entweder mit dem Quadrat der umgekehrten Entfernung vom Mittelpunkt, oder, ähnlich der Centrifugalkraft, mit dem einfachen umgekehrten Verhältniss der Entfernung vom Kreismittelpunkt. Es ist mir aber ein Zusammenhang der Figuren mit der Berechnung nur dadurch gelungen, dass ich eine neue Grösse einführte, welche mit b bezeichnet

beim Dreieck $b = \frac{3}{2}$

beim Viereck $b = \frac{4}{2}$

beim Sechseck $b = 1 + \sqrt{3}$ resp. $\beta = 2 + \sqrt{3}$

wird, und in den späteren Zeichnungen ihre Erläuterung finden soll; ich will hier auch schon darauf hinweisen,

dass diese Werthe für b auch in den später folgenden Berechnungen der Atomgewichte der schweren Elemente ihre Verwendung gefunden haben.

Wir erhalten nach Obigem als Anziehungskräfte der neuen polygonartigen Punktsysteme beim Dreieck mit $a = \frac{1}{2}\sqrt{3}$ und $b = \frac{3}{2}$

$$3\frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 7$$

entsprechend dem halben Atomgewicht des Stickstoffes, beim Viereck mit $a = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ und $b = \frac{4}{2}$

$$4\frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 16{,}0$$

entsprechend dem Atomgewicht von Sauerstoff, beim Sechseck mit $a = \frac{1}{2}$ und $b = 1 + \sqrt{3}$

$$6\frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 56{,}784 = 3 \cdot 18{,}928$$

entsprechend dem dreifachen Atomgewicht von Fluor.

Genau genommen also könnte hier eigentlich nur das Atomgewicht von Sauerstoff als richtig wiedergegeben gelten, die Figuren geben für Stickstoff das halbe Atomgewicht und für Fluor das dreifache des Atomgewichts. Es wird des weiteren also festzustellen sein, ob die Deutung der Figuren geändert werden muss, oder ob eine Veränderung der Atomgewichte in diesem Sinne zulässig erscheinen kann.

Wenn man in diesen Polygonfiguren die Kreisdurchmesser halbirt und in ähnlicher Weise rechnet, wie oben aus dem Wasserstoff das Atomgewicht des Lithium berechnet wurde, so erhält man nach Fig. 19, 20 und 21 beim Dreieck mit $a = \frac{1}{4}\sqrt{3}$.

$$3\left[\frac{2}{a^2} - \frac{1}{(2a)^2}\right] = 3 \cdot 7\,\frac{1}{(2a)^2} = 28$$

berechnet man dazu, wie beim Stickstoff mit $b = \frac{3}{2}$ 2 Kantenlängen des kleineren Dreiecks als $2a = \frac{1}{2}\sqrt{3}$

so erhält man für die ganze Fig. $3\,\frac{1}{(2a)^2}\cdot\frac{b}{2} = 3$. Die Summe giebt

$$6\,\frac{1}{a^2} - 3\,\frac{1}{(2a)^2} + 3\,\frac{1}{(2a)^2}\cdot\frac{b}{2}$$

die Zahl 31,0 d. h. das Atomgewicht von Phosphor,

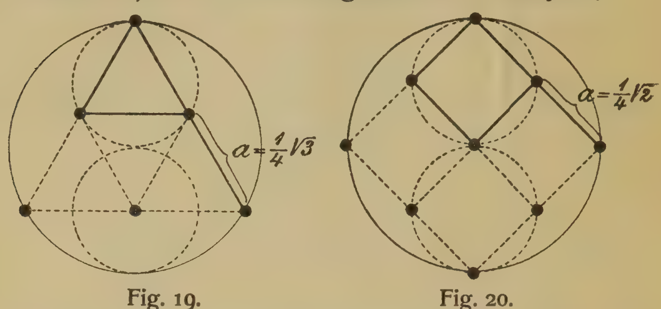


Fig. 19. Fig. 20.

beim Viereck in Fig. 20 erhält man dementsprechend mit $a = \frac{1}{4}\sqrt{2}$ und mit $b = \frac{4}{2}$ für die ganze Figur

$$4\left(\frac{2}{a^2} - \frac{1}{(2a)^2} + \frac{1}{(2a)^2}\cdot\frac{b}{2}\right) = 4\cdot\left(\frac{7}{(2a)^2} + \frac{1}{(2a)^2}\,\frac{b}{2}\right) = 2\cdot 32{,}0$$

d. h. das doppelte Atomgewicht von Schwefel.

Beim Sechseck wird gegenüber dem vorhergehenden Gliede der Reihe, gegenüber Fluor, eine Veränderung des Werthes von b erforderlich; es muss hier mit $b = \beta = 2 + \sqrt{3}$ gerechnet werden, vermuthlich, weil, wie Fig. 21 es veranschaulicht, bei $\frac{1}{6}$- Drehung die kleineren Sechsecke in einander hineingreifen würden, während beim Dreieck und Viereck durch Drehung der

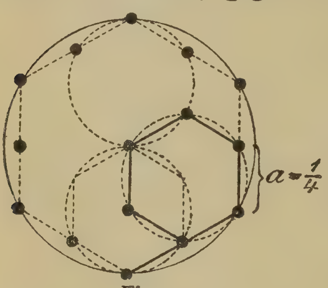


Fig. 21.

Figur um $\frac{1}{3}$ resp. um $\frac{1}{4}$ von 360° die Dreiecke und Vierecke neben einander zu liegen kommen, oder, wenn man

so will, sich jedesmal wieder decken. Es ergiebt für die Berechnung der ganzen Fig. 21 mit $a = \frac{1}{4}$ und $\beta = 2 + \sqrt{3}$:

$$6\left(\frac{2}{a^2} - \frac{1}{(2a)^2} + \frac{1}{(2a)^2} \cdot \frac{\beta}{2}\right) = 6\left(\frac{7}{(2a)^2} + \frac{1}{(2a)^2} \cdot \frac{\beta}{2}\right)$$
$$= 212{,}784 = 6 \cdot 35{,}464$$

also das Sechsfache des Atomgewichts von Chlor.

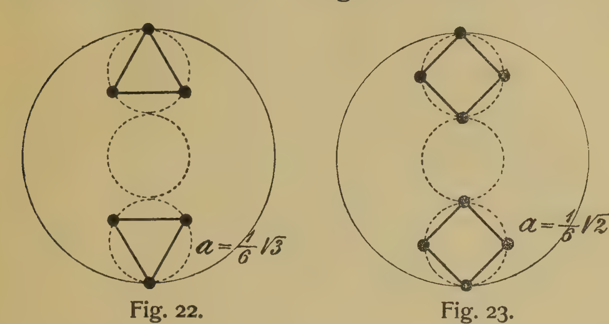


Fig. 22. Fig. 23.

Schreitet man weiter fort zur Dreitheilung des Kreisdurchmessers, ähnlich wie das Atomgewicht von Natrium aus der Dreitheilung des Wasserstoffkreises entwickelt wurde, so erhält man aus den Fig. 22, 23 und 24 beim Dreieck als Summe der zwischen den Punkten wirkenden Anziehungskräfte mit $a = \frac{1}{6}\sqrt{3}$ und $b = \frac{3}{2}$

Fig. 24.

$$6\,\frac{1}{a^2} + 3 \cdot \frac{1}{a^2} \cdot \frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{\sqrt{3}}{a} - 1\right)}\right]^2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{a} \cdot \left(1 + \frac{b}{2}\right)\frac{1}{2 \cdot 8}$$
$$= 74{,}83 = \mathrm{As},$$

beim Viereck mit $a = \frac{1}{6}\sqrt{2}$ und $b = \frac{4}{2}$

$$8\frac{1}{a^2}+4\frac{1}{a^2}\cdot\frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{\sqrt{2}}{a}-1\right)}\right]^2\frac{\sqrt{2}}{a}\cdot\left(1+\frac{b}{2}\right)\cdot\frac{1}{3\cdot 4}$$
$$= 2\cdot 78{,}48 = 2\,\text{Se}.$$

beim Sechseck mit $a = \frac{1}{6}$ und $b = 1 + \sqrt{3}$

$$12\frac{1}{a^2}+6\frac{1}{a^2}\cdot\frac{1}{a^2}\left[\frac{1}{2\left(\frac{1}{a}-1\right)}\right]^2\frac{1}{a}\cdot\left(1+\frac{b}{2}\right)\cdot\frac{1}{3\cdot 8}$$
$$= 6\cdot 79{,}66 = 6\cdot\text{Br}.$$

Aus diesen Figuren kann man also durch Dreitheilung des Kreisdurchmessers zu einfachen Vielfachen der Atomgewichte von Arsen, Selen und Brom gelangen. Diese Atome stehen demnach in dieser Ableitung in ähnlicher Beziehung zu Stickstoff, Sauerstoff und Fluor, wie in der Alkalireihe das Natrium-Atom zum Wasserstoff-Atom stand. Es sind aber durch die Dreitheilung des Kreisdurchmessers für die Entfernungen der in Betracht kommenden Punkte, welche $\frac{1}{6}\sqrt{3}$; $\frac{1}{6}\sqrt{2}$ und $\frac{1}{6}$ betragen, Dimensionen aus den Zeichnungen entwickelt worden, welche nicht mehr, wie beim Natrium mit $\frac{1}{3}$, sondern wie beim Rubidium mit $\frac{1}{6}$ zur Berechnung gelangen. Daraus ergiebt sich, dass die weitere Theilung der Kreisdurchmesser für diese Polygonberechnungen nicht wie beim Kalium $\frac{1}{4}$ ist, sondern nach Analogie der Alkali-Elemente wie beim Cäsium $\frac{1}{7{,}5}$ betragen muss. Es lassen sich auch, wie auf Seite 19 und 20 gezeigt worden ist, aus fast denselben Gleichungen, welche für Arsen, Selen und Brom gebraucht wurden, wenn in dieselben anstatt $a = \frac{1}{6}\sqrt{3}$ u. s. w. $a = \frac{1}{7{,}5}\sqrt{3}$ u. s. w. eingesetzt wird, drei Zahlen erhalten, von welchen die erste gleich ist dem Atomgewicht von Antimon, die zweite doppelt so gross als das Atomgewicht von Tellur und die dritte

sechs mal so gross ist als das Atomgewicht von Jod. Es werden dementsprechend aus den folgenden Figuren durch die angedeuteten einfachen Formeln Atomgravitationen abgeleitet werden, welche gleich sind den Gewichten von

$\frac{1}{2}$	Atom	Stickstoff	1	Atom	Sauerstoff	3	Atom	Fluor
1	„	Phosphor	2	„	Schwefel	6	„	Chlor
1	„	Arsen	2	„	Selen	6	„	Brom
1	„	Antimon	2	„	Tellur	6	„	Jod.

Nach dieser vorbereitenden Einleitung können wir entsprechend den folgenden Figuren an die eigentliche Berechnung der Atomgravitationen für die electronegativen Elemente gehen.

Fig. 25 zeigt das reguläre Dreieck eingezeichnet in den Kreis vom Durchmesser = 1, und 3 solche Kreise eingezeichnet in einen Kreis vom Durchmesser $b = \frac{3}{2}$, derartig, dass bei einer Drehung der Figur um $\frac{1}{3} \cdot 360°$ die inneren Hälften der Dreieckskanten sich jedesmal decken.

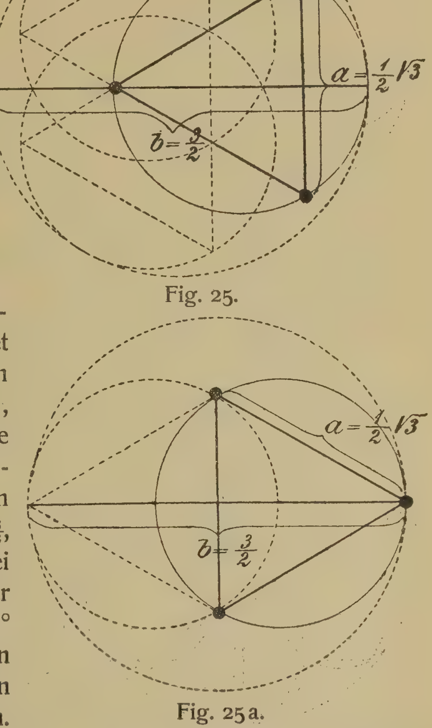


Fig. 25.

Fig. 25a.

Fig. 25a zeigt zwei solche reguläre Dreiecke derartig ein-

gezeichnet in den Kreis von $b = \frac{3}{2}$, dass bei der Drehung der Figur um 180° die innere ganze Kantenlänge zur Deckung kommt.

Mit $n = 3$; $a = \frac{1}{2}\sqrt{3}$; $b = \frac{3}{2}$ wird

$$n \cdot \frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 3\,\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{3})^2}\,(1 + \tfrac{3}{4}) = 7 = \tfrac{1}{2}\,\mathrm{N}$$

d. h. gleich dem halben Atomgewicht von Stickstoff.

Fig. 26 zeigt das reguläre Viereck eingezeichnet in einen Kreis vom Durchmesser = 1 und 4 solche Kreise eingezeichnet in einen Kreis vom Durchmesser $b = 2$ derartig, dass bei einer Drehung der Figur um $\frac{1}{4}$ 360° die eingezeichneten Vierecke sich jedesmal decken. Für das Viereck ist die Anzahl der Kanten $n = 4$.

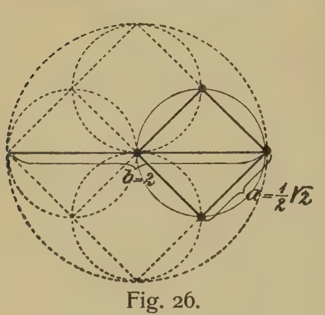


Fig. 26.

Mit $n = 4$; $a = \frac{1}{2}\sqrt{2}$; $b = 2$ wird

$$n \cdot \frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 4\,\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{2})^2}\,(1 + \tfrac{2}{2}) = 16$$

gleich d. h. dem Atomgewicht von Sauerstoff.

Fig. 27 zeigt in der Mitte das reguläre Sechseck eingezeichnet in den Kreis vom Durchmesser = 1, und um diesen herum 6 solche Kreise eingezeichnet in einen Kreis vom Durchmesser $b = 1 + \sqrt{3}$, derartig, dass bei einer Drehung der Figur um $\frac{1}{6}$ 360° die

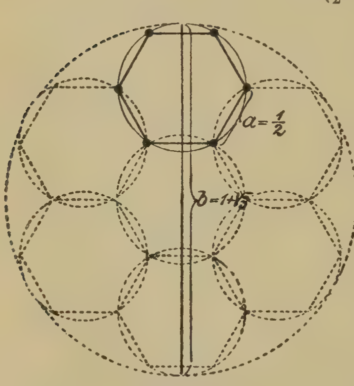


Fig. 27.

eingezeichneten äusseren Sechsecke sich jedesmal decken; für das Sechseck ist die Anzahl der Kanten $n = 6$.

Mit $n = 6$; $a = \frac{1}{2}$; $b = 1 + \sqrt{3}$ wird

$$n \frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right) = 6 \frac{1}{(\frac{1}{2})^2}\left(1 + \frac{1 + \sqrt{3}}{2}\right) = 56{,}784$$
$$= 3 \cdot 18{,}928 = 3 \text{ Fl}$$

d. h. gleich dem dreifachen Atomgewicht von Fluor.

Die Figuren 25 (25a) 26 und 27 zeigen in der Auffassung und in der Art der Berechnung gleichmässige Uebereinstimmung, indem aus denselben die Atomgravitationen berechnet wurden aus dem Ausdruck

$$n \frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right).$$

Als ein Mangel derselben kann nur angeführt werden, dass die Berechnung der in gezeichneter Weise symmetrisch ausgebildeten Figuren zu Atomgravitationen führt, welche für Stickstoff nur $\frac{1}{2}$ so gross als das Atomgewicht, für Sauerstoff gleich dem Atomgewicht und für Fluor gleich dem dreifachen Atomgewicht sind. Da dieser Unterschied aber für alle 12 Glieder dieser 3 Reihen in demselben Verhältniss bleibt, wird voraussichtlich eine gemeinsame Ursache dafür vorhanden sein.

Die folgenden Figuren 28, 29 und 30 schliessen sich folgerecht den 3 eben erklärten an; es berechnen sich die entsprechenden Atomgravitationen aus dem Ausdruck

$$n \frac{1}{a^2}\left[2 \frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1 + \frac{b}{2}\right],$$

sie unterscheiden sich also von den 3 vorhergehenden nur dadurch, dass in dem Ausdruck

$$n \frac{1}{a^2}\left(1 + \frac{b}{2}\right)$$

die in der Klammer befindliche 1 ersetzt ist durch $2 \frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1$, genau so, wie aus dem Wasserstoff $= 1$ das Lithium-

Atom mit $2\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1 = 7$ entwickelt wurde. Dementsprechend sind in den folgenden 3 Figuren Dreiecke, Vierecke und Sechsecke gezeichnet, deren Kantenlängen halbirt zur Berechnung kommen; die andere Rechnung ist analog den 3 vorhergehenden.

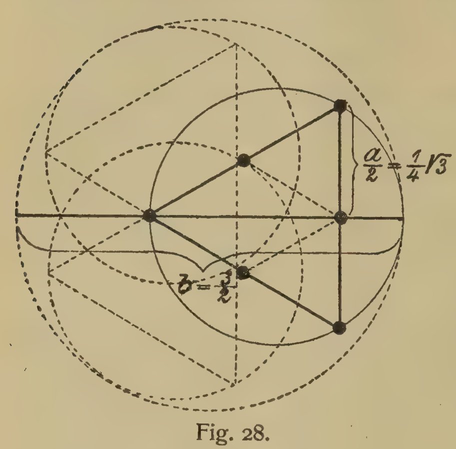


Fig. 28.

Fig. 28 zeigt in den Kreis vom Durchmesser = 1 eingezeichnet ein reguläres Dreieck, dessen Kanten durch Punkte halbirt sind. Die halbe Kantenlänge beträgt $\frac{a}{2} = \frac{1}{4}\sqrt{3}$; im Uebrigen ist die Zeichnung genau so wie in Fig. 25 und der Durchmesser des äusseren Kreises ist $b = \frac{3}{2}$. Die Berechnung ergiebt

$$n \cdot \frac{1}{a^2}\left(2\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1 + \frac{b}{2}\right) = 3\,\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{3})^2}\,(7 + {}^3) = 31{,}0 = \mathrm{P}$$

d. h. das Atomgewicht von Phosphor.

Fig. 29 zeigt in den Kreis von Durchmesser = 1 eingezeichnet ein reguläres Viereck, dessen Kanten durch Punkte halbirt sind; die halbe Kantenlänge beträgt $\frac{a}{2} = \frac{1}{4}\sqrt{2}$. Im Uebrigen ist die Zeichnung genau so wie in Fig. 26 und der Durchmesser des äusseren Kreises ist $b = 2$. Die Berechnung ergiebt:

$$n \cdot \frac{1}{a^2}\left[2\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1 + \frac{b}{2}\right] = 4\,\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{2})^2}\,(7 + \tfrac{2}{2}) = 64 =$$
$$2 \cdot 32{,}0 = 2 \cdot \mathrm{S}$$

d. h. das doppelte des Atomgewichtes von Schwefel.

Fig. 30 zeigt im oberen Theile der Figur in den Kreis vom Durchmesser = 1 eingezeichnet ein reguläres Sechseck, dessen Kanten durch Punkte halbirt sind; die halbe Kantenlänge ist $\frac{a}{2} = \frac{1}{4}$. Im Uebrigen aber ist diese Figur verschieden von Fig. 27 im Gegensatz zu Fig. 28 und 29, welche gegen 25 und 26 keine Veränderung zeigten. Eine Begründung hierfür finde ich in dem Umstand, dass beim Dreieck und Viereck die Verbindungslinien der Halbirungspunkte der Kanten wieder Dreiecke und Vier-

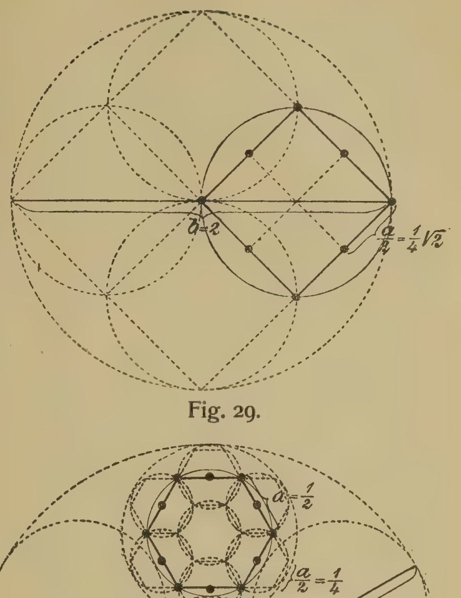


Fig. 29.

Fig. 30.

ecke ergeben, während dieses beim Sechseck nicht der Fall ist. Daher muss beim Sechseck, wie es der obere Theil der Fig. 30 zeigt, um eine reguläre Anlagerung der Sechsecke von der Kantenlänge $\frac{a}{2} = \frac{1}{4}$ zu erhalten, ein grösserer Kreis vom Durchmesser $\frac{1}{2}(1 + \sqrt{3})$ genommen werden, in welchen die Sechsecke von halber Kantenlänge sich ebenso gruppiren, wie in Fig. 27 die Sechsecke von ganzer Kantenlänge in dem Kreise vom Durchmesser $b = 1 + \sqrt{3}$. Es ist dadurch in Fig. 30 ein mit dem Kreis vom Durchmesser $= 1$ concentrischer Kreis vom Durchmesser $= \frac{1}{2}(1 + \sqrt{3})$ entstanden; legt man nun 6 solche Kreise genau so wie in Fig. 27 6 Kreise vom Durchmesser $= 1$ um den mittleren Kreis gelegt wurden, so erhält man in Fig. 30 einen äusseren Kreis vom Durchmesser $= \frac{1}{2}(1 + \sqrt{3})(1 + \sqrt{3}) = 2 + \sqrt{3}$. Es ist auf diese Weise anstatt einer sechstheiligen, eine zwölftheilige Figur entstanden, die aber, wie Fig. 30 zeigt, nur bei einer Drehung um $\frac{1}{6}\ 360°$ wieder ihre volle Deckung findet. Es treten in der Zeichnung die schwarz ausgezogenen Kreise vom Durchmesser $= 1$ in eigenthümliche Wechselwirkung mit den punktirten Kreisen vom Durchmesser $= \frac{1}{2}(1 + \sqrt{3})$ und es lässt sich ein Polygon von der Kantenlänge $a = \frac{1}{2}$ in den äusseren Kreis einzeichnen.

Die Berechnung ergiebt mit $n = 6$; $\frac{a}{2} = \frac{1}{4}$; $\beta = 2 + \sqrt{3}$

$$n \frac{1}{a^2} \left[2 \frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1 + \frac{\beta}{2}\right] = 6 \frac{1}{(\frac{1}{2})^2} \left(7 + \frac{2 + \sqrt{3}}{2}\right) =$$
$$6 \cdot 35{,}464 = 6\ \mathrm{Cl}$$

d. h. das Sechsfache des Atomgewichts von Chlor.

Die Berechnung dieser 3 Figuren nach ihrer symmetrischen Ausführung hat also Atomgravitationen ergeben, von welchen die aus Fig. 28 berechnete das einfache, die aus Fig. 29 berechnete das doppelte und die aus Fig. 30

berechnete das sechsfache Atomgewicht darstellt, so dass diese drei Zahlen unter einander in demselben Verhältniss stehen wie die aus den Figuren 25, 26 und 27 berechneten, aber den Atomgewichten gegenüber doppelt so gross sind als die letzteren. Genau dasselbe Verhältniss gilt nun auch für die aus den nächsten 6 Figuren berechneten Atomgravitationen. Es werden aus denselben für die 6 Elemente: Arsen, Antimon, Selen, Tellur, Brom, Jod die entsprechenden Vielfachen der Atomgewichte berechnet nach dem Ausdruck

$$n \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \frac{1}{(a)^2} \frac{1}{(a)^2} \cdot \frac{1}{e^2} \cdot \frac{1}{a \cdot 4 \cdot x}.$$

Für Arsen enthält der Ausdruck eine kleine Abänderung durch Einsetzen von $\frac{1}{b}$ und wird:

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \frac{1}{a^2} \frac{1}{a^2} \frac{1}{e^2} \cdot \frac{1}{a \cdot b \cdot 4x}.$$

In diesem Ausdruck wird für n das doppelte der bisherigen Werthe, also: 6, 8 und 12 eingesetzt; a erhält die Werthe von

$$\tfrac{1}{6}\sqrt{3}; \quad \tfrac{1}{6}\sqrt{2} \text{ und } \tfrac{1}{6}$$

und

$$\frac{1}{7,5}\sqrt{3}; \quad \frac{1}{7,5}\sqrt{2} \text{ und } \frac{1}{7,5}.$$

e bedeutet die relative Entfernung, und wird ähnlich wie bei den Alkalielementen Na, Ka etc. in folgender Weise berechnet.

Fig. 31 zeigt einen äusseren Kreis vom Durchmesser $= b$, und in die verschiedenen schwarz ausgezogenen Kreise vom Durchmesser $= 1$ eingezeichnete Quadrate von Kantenlänge $a = \frac{1}{y}\sqrt{2}$. Die Entfernung der Mittelpunkte von 2 diametral gegenüberliegenden Quadraten wird $c = b - 2\frac{1}{y}$ und die relative Entfernung

$$e = \frac{c}{\frac{1}{y}} = yb - 2.$$

Die Entfernung von zwei unter 90° sich gegenüberliegenden Quadraten in Fig. 31 ist bezeichnet mit d, und wird

$$d = b\,\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{1}{y}\sqrt{2}.$$

Daraus wird die entsprechende relative Entfernung

$$e = \frac{d}{\frac{1}{2}\,\frac{1}{y}\sqrt{2}} = yb - 2.$$

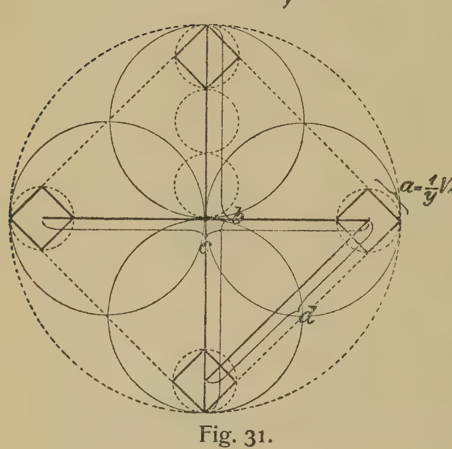


Fig. 31.

Die relative Entfernung ist also in dieser Figur nach allen Richtungen constant: $e = yb - 2$, und dieses gilt nicht nur für das Viereck, welches der einfacheren Uebersichtlichkeit wegen gewählt und mit $y = 6$ und $b = 2$ gezeichnet wurde. Es ist auch für das reguläre Dreieck sowohl wie für das reguläre Sechseck die relative Entfernung $e = yb - 2$. In den drei nächsten Atomfiguren wird $y = 6$ und in den drei darauffolgenden Atomberechnungen $y = 7{,}5$ werden.

Die in dem Ausdruck angewendete Grösse x ist verschieden für Dreieck, Viereck und Sechseck, und wird in denselben $\sqrt{3}$; 1 und $\frac{1}{\sqrt{3}}$, d. h. sie bedeutet die

Kantenlänge für das dem Kreise vom Durchmesser = 1 umschriebene Dreieck, Viereck und Sechseck, wie aus den Figuren 32, 33 und 34 ersichtlich.

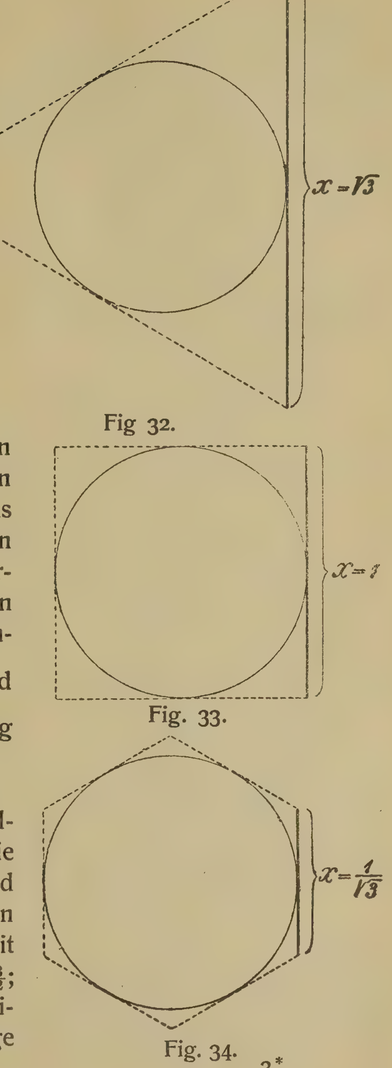


Fig 32.
Fig. 33.
Fig. 34.

Durch diese vorbereitende Erklärung der in den Figuren vorkommenden Werthe ist eine Deutung des zur Berechnung der folgenden Atomgewichte dienenden Ausdrucks grösstentheils gegeben und aus den Figuren 35, 36, 37 ersichtlich. Es fehlt in den letzteren nur die Zeichnung der Werthe $\frac{1}{4x}$ und in Fig. 35 die Zeichnung von $\frac{1}{b \cdot 4x}$.

Fig. 35 zeigt denselben äusseren Kreis, wie die für Stickstoff und Phosphor entworfenen Figuren 25 und 28, mit dem Durchmesser $b = \frac{3}{2}$; in demselben sind Dreiecke von der Kantenlänge

$a = \frac{1}{6}\sqrt{3}$ eingezeichnet. Man kann 2 derselben diametral in dem Kreise vom Durchmesser $= 1$ angeordnet annehmen und 2 mal 3 Kanten, also $n = 6$ Kanten berechnen, oder 3 solcher Dreiecke in Dreieckform in dem äusseren Kreis vom Durchmesser $b = \frac{3}{2}$ angeordnet annehmen, und von diesen jedesmal nur die äusseren 2 Kanten, also 3 mal 2 Kanten, d. h. $n = 6$ Kanten berechnen. Es ergiebt mit

$n = 6$; $a = \frac{1}{6}\sqrt{3}$; $b = \frac{3}{2}$; $e = 6\,b - 2$ und $x = \sqrt{3}$

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{a^4}\,\frac{1}{e^2}\,\frac{1}{a \cdot b \cdot 4x} = 6\,\frac{1}{(\frac{1}{6}\sqrt{3})^2} +$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{6}\sqrt{3})^4}\,\frac{1}{(6\,\frac{3}{2}-2)^2\,\frac{1}{6}\sqrt{3}\cdot\frac{3}{2}\cdot 4\sqrt{3}} = 72 + 2{,}94 = 74{,}94 = \text{As}$$

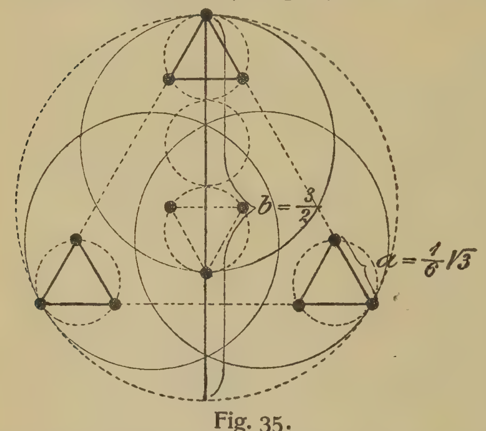


Fig. 35.

d. h. das Atomgewicht von Arsen. Denkt man sich in Fig. 35 die Dreiecke von Kantenlänge $a = \frac{1}{6}\sqrt{3}$ ersetzt durch solche von Kantenlänge $a = \frac{1}{7{,}5}\sqrt{3}$, so verändert sich auch die relative Entfernung e. Es wird $e = 7{,}5\,b - 2$; im Uebrigen bleibt $n = 6$; $b = \frac{3}{2}$ und $x = \sqrt{3}$. Daraus wird:

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{a^4}\,\frac{1}{e^2}\,\frac{1}{a \cdot 4 \cdot x} = 6\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\sqrt{3}\right)^2} +$$

$$3\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\sqrt{3}\right)^4}\,\frac{1}{(7{,}5\cdot\frac{3}{2}-2)^2\,\frac{1}{7{,}5}\sqrt{3}\cdot 4\sqrt{3}} = 112{,}5 + 7{,}70 = 120{,}20 = \text{Sb}$$

d. h. das Atomgewicht von Antimon.

Fig. 36 zeigt denselben äusseren Kreis, wie die für Sauerstoff und Schwefel entworfenen Figuren 26 und 29 mit dem Durchmesser $b = 2$. In denselben sind Quadrate von der Kantenlänge $a = \frac{1}{6}\sqrt{2}$ eingezeichnet; man kann 2 derselben diametral angeordnet annehmen und $2 \times 4 = n = 8$ Kanten berechnen, oder auch 4 solcher Quadrate in Vierecksform angeordnet annehmen, und von diesen nur die äusseren 2 Kanten, also $4 \cdot 2 = n = 8$ Kanten berechnen. Es wird $n = 8$; $a = \frac{1}{6}\sqrt{2}$; $b = 2$; $e = 6b - 2$ und nach Fig. 33 $x = 1$.

Durch Einsetzen dieser Werthe in obige Gleichung erhält man

$$n\frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{a^4} \cdot \frac{1}{e^2} \cdot \frac{1}{a \cdot 4 \cdot x} = 8\,\frac{1}{(\frac{1}{6}\sqrt{2})^2} +$$

$$4\frac{1}{(\frac{1}{6}\sqrt{2})^4}\,\frac{1}{(6\cdot2-2)^2}\,\frac{1}{\frac{1}{6}\sqrt{2}}\,\frac{1}{4\cdot2} = 2(72+6{,}872) = 2\cdot78{,}872 = 2\,\mathrm{Se}$$

d. h. das doppelte Atomgewicht von Selen.

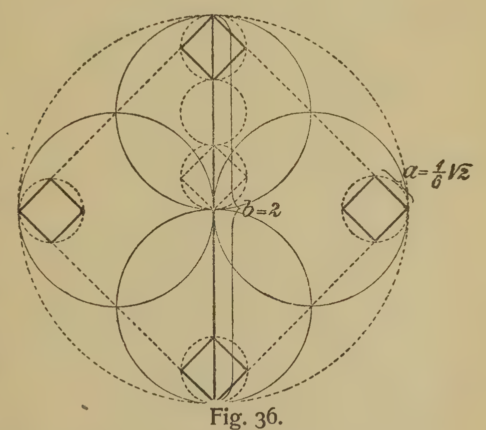


Fig. 36.

Denkt man sich in Fig. 36 die Quadrate von Kantenlänge $a = \frac{1}{6}\sqrt{2}$ ersetzt durch solche von Kantenlänge $a = \frac{1}{7{,}5}\sqrt{2}$, so verändert sich auch die relative Entfernung. Es wird $e = 7{,}5\,b - 2$; im Uebrigen bleibt $n = 8$; $b = 2$; $x = 1$. Man erhält

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{a^4} \cdot \frac{1}{e^2} \cdot \frac{1}{a \cdot 4 \cdot x} = 8 \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\sqrt{2}\right)^2} +$$

$$2 \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\sqrt{2}\right)^4} \frac{1}{(7{,}5 \cdot 2 - 2)^2} \frac{1}{\frac{1}{7{,}5}\sqrt{2} \cdot 4 \cdot 2} = 2(112{,}5 + 12{,}42)$$

$$= 2 \cdot 124{,}92 = 2\,\mathrm{Te},$$

d. h. das doppelte Atomgewicht von Tellur.

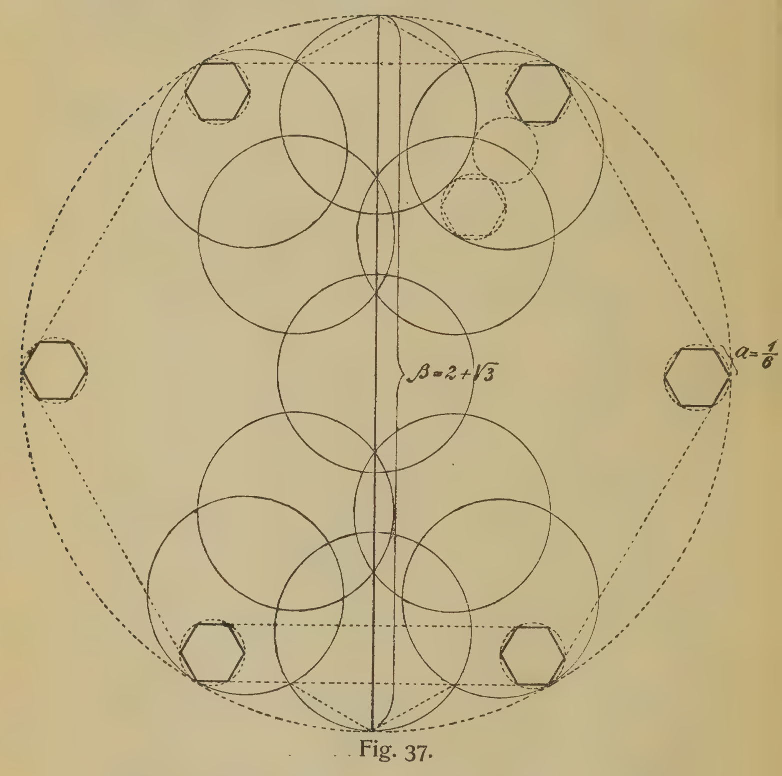


Fig. 37.

Fig. 37 zeigt denselben äusseren Kreis, wie die für Chlor entworfene Fig. 30 mit dem Durchmesser $\beta = 2 + \sqrt{3}$; in demselben sind 6 Sechsecke eingezeichnet von der

Kantenlänge $a = \frac{1}{6}$. Man kann 2 derselben diametral in dem Kreise vom Durchmesser $= 1$ angeordnet annehmen und $2 \cdot 6 = n = 12$ Kanten berechnen, oder 6 solcher Sechsecke in Sechseckform in dem äusseren Kreis angeordnet annehmen, und von diesen nur die äusseren 2 Kanten, also $6 \cdot 2 = n = 12$ Kanten berechnen. Es wird mit $n = 12$; $a = \frac{1}{6}$; $\beta = 2 + \sqrt{3}$; $e = 6\beta - 2$ und nach Fig. 34 $x = \frac{1}{\sqrt{3}}$, und durch Einsetzen dieser Werthe:

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \frac{1}{a^4} \cdot \frac{1}{e^2} \cdot \frac{1}{a \cdot 4 \cdot x} = 12 \cdot \frac{1}{(\frac{1}{6})^2} +$$

$$6 \frac{1}{(\frac{1}{6})^4} \frac{1}{[6(2+4)-2]^2} \frac{1}{\frac{1}{6} \cdot 4 \cdot \sqrt{3}} = 6(72 + 8{,}097) = 6 \cdot 80{,}097 = 6\,\mathrm{Br}$$

d. h. das sechsfache Atomgewicht von Brom.

Denkt man sich in Fig. 37 die Sechsecke von Kantenlänge $a = \frac{1}{6}$ ersetzt durch solche von Kantenlänge $a = \frac{1}{7{,}5}$, so verändert sich die relative Entfernung; es wird $e = 7{,}5\beta - 2$; im Uebrigen bleibt $n = 12$; $\beta = 2 + \sqrt{3}$; $x = \frac{1}{\sqrt{3}}$. Es wird durch Einsetzen dieser Werthe:

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \cdot \frac{1}{a^4} \cdot \frac{1}{e^2} \cdot \frac{1}{a \cdot 4 \cdot x} = 12 \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} +$$

$$6 \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^4} \frac{1}{[7{,}5(2+\sqrt{3})-2]^2} \frac{1}{\frac{1}{7{,}5} \cdot 4 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} = 6(112{,}5 + 13{,}107) =$$

$$6 \cdot 125{,}607 = 6 \cdot \mathrm{J}$$

d. h. das sechsfache Atomgewicht von Jod, und zwar dieses um fast ein ganzes Procent kleiner, als es bisher angenommen wurde, d. h. in Uebereinstimmung mit der neuesten Atomgewichts-Bestimmung für Jod.

Die in diesem Kapitel gegebene Auffassung der Atome der 3 Gruppen von electronegativen Elementen

lässt noch Einiges unerledigt, sie lässt aber die vollständige Analogie erkennen mit der am Anfang entwickelten Reihe der Alkali-Atome und dem Wasserstoff; sie zeigt durch die Berechnung, dass die Theilung des Kreisumfanges in $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ und $\frac{1}{6}$ begründet ist, womit zugleich eine Erklärung gegeben ist dafür, dass gerade 3 solche Reihen von Elementen in Wirklichkeit vorkommen, andererseits auch dafür, dass die untere und die obere Grenze der Elemente dieser Reihen in gegebener Weise abhängig ist von der unteren und oberen Grenze der Alkalimetall-Reihe.

Die hier versuchte ausführlichere Berechnung für Arsen, Antimon, Selen, Tellur, Brom, Jod aus dem Ausdruck

$$n \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \frac{1}{a^4} \frac{1}{e^2} \frac{1}{a \cdot 4 \cdot x}$$

ist leider nicht einfach genug und daher unwahrscheinlich. Ich halte als mindestens ebenso wahrscheinlich die auf pag. 19 und 20 gegebene einfachere Berechnungsweise.

Aus der letzteren würde sich die einfache Vorstellung ergeben, dass, während für die Alkali- und Alkali-ähnlichen Atome die Zeichnungen nur Drehungen der Figuren um den Mittelpunkt des Kreises vom Durchmesser = 1 ergeben, im Gegensatz dazu alle electronegativen Elemente durch Zeichnungen wiederzugeben sind, welche geschlossene Polygone enthalten und ausser der Drehung um den Mittelpunkt des Kreises vom Durchmesser = 1 eine zweite excentrische Drehung innerhalb des Kreises vom Durchmesser = b gestatten, so dass die Berechnung dieser Atomgravitationen im Allgemeinen durch den Ausdruck

$$n \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \frac{1}{a^4} \frac{1}{e^2} \cdot \frac{1}{a} \left(1 + \frac{b}{2}\right) \cdot z$$

bestimmt würde, während die Alkaliatome nach dem Ausdruck

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + \frac{n}{2} \frac{1}{a^4} \frac{1}{e^2}$$

berechnet wurden.

VI. Berechnung der Atomgewichte von Bo, C, und Si.

Aehnlich wie Stickstoff, Sauerstoff und Fluor bilden Bor, Kohlenstoff und Silicium drei ihren Eigenschaften nach zusammengehörende Elemente. Ich weiche von der allgemeinen Ansicht ab, nach welcher Silicium als zur Kohlenstoffreihe zugehörig betrachtet wird, und gebe für diese 3 Elemente zur Berechnung dcr Atomgewichte folgende Gleichungen:

$$7\left(1 + \tfrac{1}{2} \cdot \frac{2}{\sqrt{3}}\right) = 11{,}041 = \text{Bo}$$

$$7\left(1 + \tfrac{1}{2} \frac{2}{\sqrt{2}}\right) = 11{,}9497 = \text{C}$$

$$7\,(1 + \tfrac{1}{2}\,2) = 14{,}0 = \tfrac{1}{2}\,\text{Si}.$$

Die in diesen 3 Gleichungen auftretende Zahl 7 ist uns bekannt mit $2\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1 = 7$ als die für das Lithium-Atom gegebene Zahl und wurde als $7 + \frac{b}{2}$ verwendet zur Berechnung der Atomgravitationen von P, S und Cl. Schreiben wir dementsprechend die 3 für Bo, C und Si gegebenen Gleichungen mit $7\left(1 + \frac{B}{2}\right)$, so ist die Analogie hergestellt und B findet sich in den folgenden Figuren 38, 39, 40 gezeichnet als $B = \frac{2}{\sqrt{3}}$; $B = \frac{2}{\sqrt{2}}$; $B = 2$ und bedeutet den Durchmesser des Kreises, wel-

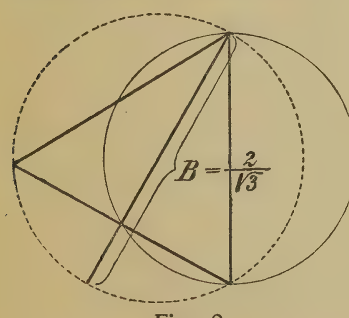


Fig. 38.

cher umschrieben ist um ein Dreieck, Viereck, Sechseck von der Kantenlänge = 1.

Da ferner keine in diese Reihe passende Atomgewichte bekannt sind, welche den Werthen von $1\left(1+\frac{B}{2}\right)$ entsprechen, bleibt uns nur übrig, um die Dreiwerthigkeit von Bor die Zwei- bis Vierwerthigkeit von Kohlenstoff, die Vier- und Sechswerthigkeit von Silicium zu deuten, die Zahl 7 zurückzuführen, wie beim P, S und Cl auf das Dreieck, Viereck und Sechseck.

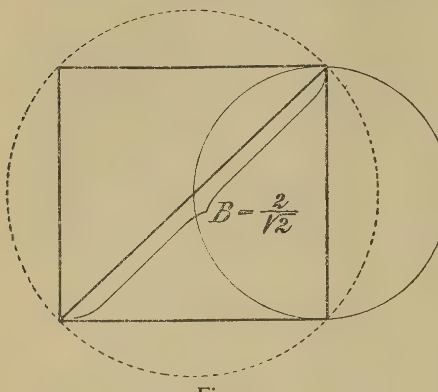


Fig. 39.

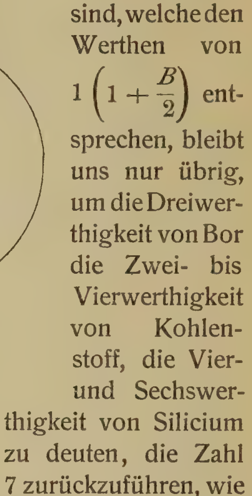


Fig. 40.

Wir schreiben also für Bor mit $a = \frac{1}{2}\sqrt{3}$ und $B = \frac{2}{\sqrt{3}}$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{3})^2}\left[2\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2}-1\right]\left(1+\frac{B}{2}\right) = 4\cdot 7\left(1+\frac{1}{2}\,\frac{2}{\sqrt{3}}\right) =$$

$$4\cdot 11{,}041 = 4\ \mathrm{Bo}$$

für Kohlenstoff mit $a = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ und $B = \frac{2}{\sqrt{2}}$

$$4\frac{1}{(\frac{1}{2}\sqrt{2})^2}\left[2\cdot\frac{1}{(\frac{1}{2})^2}-1\right]\left(1+\frac{B}{2}\right)=8\cdot 7\left(1+\tfrac{1}{2}\frac{2}{\sqrt{2}}\right)=$$
$$8\cdot 11{,}9497 = 8\cdot \mathrm{C}$$

für Silicium mit $a=\frac{1}{2}$ und $B=2$

$$6\frac{1}{(\frac{1}{2})^2}\left[2\cdot\frac{1}{(\frac{1}{2})^2}-1\right]\left(1+\frac{B}{2}\right)=24\cdot 7(1+\tfrac{1}{2}\cdot 2)=12\cdot 28=12\cdot \mathrm{Si}.$$

Die so erhaltenen Zahlen, die wir mit Rücksicht darauf, dass sie Vielfache der Atomgewichte darstellen, Atomgravitationen nennen wollen, könnten als $\frac{1}{4}$ so gross erhalten werden, wenn man, anstatt vom Kreise mit dem Durchmesser = 1 zu rechnen, vom Kreise mit einem Durchmesser = 2 ausgehen würde. Dann hätten wir für Bo 11,041, für C 2 · 11,9497, für Si 3 · 28,0, und könnten unter dem Gesichtspunkt, dass bei jeder Figur nur die gegenüber liegenden Kanten zur Berechnung kommen dürfen, für das Dreieck 3 Kanten, d. h. die ganze Figur, für das Viereck 2 Kanten, d. h. die halbe Figur, und für das Sechseck 2 Kanten, d. h. $\frac{1}{3}$ der Figur in Rechnung ziehen; daraus erhielten wir dann direct die Atomgewichte.

Diese 3 Atomgewichte lassen sich also berechnen aus $7\left(1+\frac{B}{2}\right)$. Vergleichen wir damit, dass die Atomgewichte von Phosphor, Schwefel und Chlor sich berechnen liessen aus $4\left(7+\frac{b}{2}\right)$, so können wir annehmen, dass in beiden Fällen die Zahl 7 sich erkläre aus der Halbirung der Kanten des Dreiecks, Vierecks, Sechsecks, welche die Atome von Stickstoff, Sauerstoff, Fluor bedeuteten. Es ist aber der Unterschied vorhanden, dass bei Bo, C, Si die Zahl 7 ausserhalb der Klammer steht, also mit B, d. h. dem Durchmesser des umschriebenen Kreises zu multipliciren ist, während bei P, S, Cl die Zahl 7 innerhalb der Klammer steht, also mit b, d. h. dem Durchmesser des umschriebenen Kreises nicht multi-

plicirt wird. Eine Deutung dieses Unterschiedes suche ich darin, dass im letzteren Falle die Figuren in der Ebene der Zeichnung rotiren, während im zweiten Falle das Dreieck, Viereck, Sechseck zugleich in einer zur Zeichnung senkrechten Ebene rotirend gedacht werden kann, so dass es nicht nur den Kreis, sondern eine Kugeloberfläche vom Durchmesser $= B$ derartig schneidet, dass die Schnittfläche einen Kreis vom Durchmesser $= 1$ bildet, dass also das Dreieck bei seiner Drehung eine dreiseitige Säule, das Viereck eine vierseitige und das Sechseck eine sechsseitige Säule bilden, in welchen der Schnitt der Säulenflächen mit den Kugeln vom Durchmesser $= B$ aus 3, 4 und 6 Kreisen vom Durchmesser $= 1$ besteht.

Diese Anschauung habe ich versucht in Zeichnungen wiederzugeben. Es zeigt

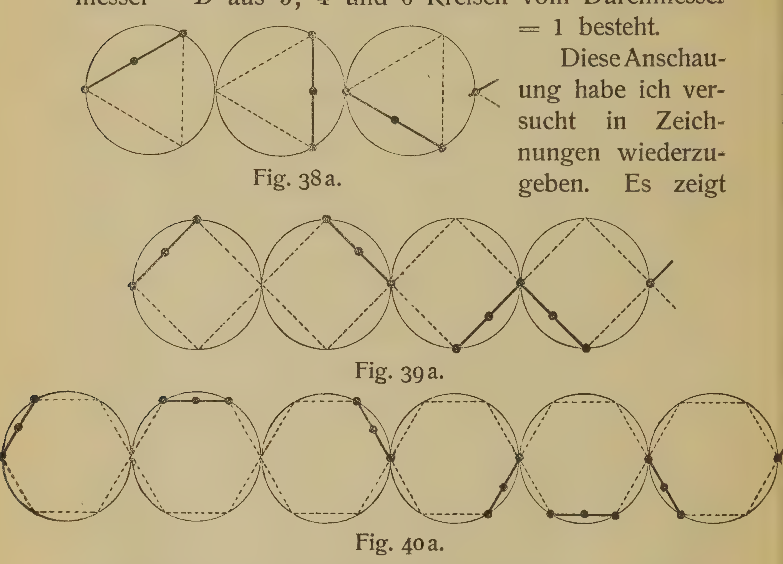


Fig. 38a.

Fig. 39a.

Fig. 40a.

Fig. 38 den Schnitt senkrecht zur Säule durch den Mittelpunkt der Kugel vom Durchmesser $B = \frac{2}{\sqrt{3}}$ und Fig. 38a die aufgerollte dreiseitige Säule; desgleichen Fig. 39 den Schnitt senkrecht zur Säule durch den Mittelpunkt der

Kugel vom Durchmesser $B = \frac{2}{\sqrt{2}}$ und Fig. 39a die aufgerollte vierseitige Säule. Desgleichen zeigt Fig. 40 den senkrecht zur Säule geführten Schnitt durch den Mittelpunkt der Kugel vom Durchmesser $B = 2$ und Fig. 40a die aufgerollte sechsseitige Säule.

Es diente also zur Berechnung dieser 3 Atomgewichte der Ausdruck

$$n \cdot \frac{1}{a^2}\left[2\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1\right]\left(1 + \frac{B}{2}\right),$$

in welchem

für das Dreieck $n = 3$ $a = \frac{1}{2}\sqrt{3}$ $B = \frac{2}{\sqrt{3}}$

für das Viereck $n = 4$ $a = \frac{1}{2}\sqrt{2}$ $B = \frac{2}{\sqrt{2}}$

für das Sechseck $n = 6$ $a = \frac{1}{2}$ $B = 2$

einzusetzen ist, also n und a mit denselben Werthen wie für N, O und Fl, ferner B mit den aus den Zeichnungen 38, 39, 40 für das Dreieck, Viereck, Sechseck abgeleiteten Werthen. Daraus berechneten sich die Atomgravitationen

für Bor	$4 \cdot 11{,}041$	$= 4$ Bo
„ Kohlenstoff . . .	$8 \cdot 11{,}9497$	$= 8$ C
„ Silicium	$12 \cdot 28$	$= 12 \cdot$ Si.

VII. Berechnung der übrigen Atomgewichte.

Kehren wir zurück zu den Atomgewichten von Bo, C und Si, welche sich berechnen liessen aus dem Ausdruck $7\left(1 + \frac{B}{2}\right)$ als

$$7\left(1 + \frac{1}{2}\frac{2}{\sqrt{3}}\right) = 11{,}041 \quad 7\left(1 + \frac{1}{2}\frac{2}{\sqrt{2}}\right) 11{,}9497 \quad \text{und}$$

$$2 \cdot 7(1 + \tfrac{2}{2} \cdot 2) = 28{,}0$$

und suchen wir nach höheren Gliedern der durch diese drei Anfangsglieder gekennzeichneten Reihen, so könnten

wir vielleicht aus $4 \cdot 7\left(1 + \frac{B}{2}\right)$ folgende drei Atomgewichte von Scandium, Titan und Eisen berechnen als

$$4 \cdot 7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 44{,}164 = \text{Sc} \qquad 4 \cdot 7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 47{,}8 = \text{Ti}$$

$$4 \cdot 7(1 + 1) = 56{,}0 = \text{Fe}.$$

Es zeigen sich aber bei der Verfolgung dieses Weges grosse Schwierigkeiten, da wir in das Gebiet der sogenannten seltenen Erdmetalle kommen. Als solche sind mit einiger Sicherheit bekannt: als 2- bis 4-werthige Elemente Ti = 48; Zr = 90; Th = 232; als 3-werthige Elemente: Sc = 44; Y = 89; La = 138; Ce = 140; Di = 145; Sm = 150; Er = 166; Yb = 172.

Eine Gruppirung dieser Atomgewichte zu Reihen in ähnlichen Verhältnissen wie bei den anderen chemischen Elementen ist unmöglich, weil diese Atomgewichte zu geringe Differenzen zeigen. Sehr wahrscheinlich werden wir später einzelne der als 3-werthig geltenden mit entsprechend verändertem Atomgewicht als 2-werthig auffassen. Für jetzt sei nur folgender Versuch gemacht.

Die für Bo, C und Si angewendeten Berechnungen

$$7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 11{,}041 \qquad 7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 11{,}9497$$

$$2 \cdot 7(1 + 1) = 28{,}0$$

enthalten in der Zahl 7 als $7 = 2\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1$ ebenso wie bei der Lithiumberechnung die Zweitheilung, d. h. die Theilung des Einheitskreises durch 2. Theilen wir den Kreis weiter durch

$$c = \tfrac{1}{3}; \quad c = \tfrac{1}{4} \text{ und } c = \frac{1}{2(1 + \sqrt{3})} = \frac{1}{5{,}464}$$

d. h. nehmen wir $c = \frac{1}{2b}$ oder in Worten: c gleich dem

halben reciproken Werthe der bei der Berechnung der Atome von Stickstoff, Sauerstoff und Fluor angewendeten Grösse b, so kommen wir unter Anwendung ganz ähnlicher Grundsätze wie bei den Alkalimetallen zu Zahlen, welche sich den Atomgewichten von Reihen der Erdmetalle und Schwermetalle anpassen.

Es wird mit $c = \frac{1}{3}$

$$4\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 4\cdot 9 + 5{,}06\cdot 1{,}5773 =$$
$$36 + 7{,}981 = 43{,}981 = \mathrm{Sc}$$

$$4\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\cdot\sqrt{2} = 4\cdot 9 + 5{,}06\cdot$$
$$2{,}4142 = 36 + 12{,}212 = 48{,}216 = \mathrm{Ti}$$

$$2\left[4\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}(1 + 1)\frac{\sqrt{3}}{2}\right] = 8\cdot 9 + 5{,}06\cdot$$
$$3{,}464 = 72 + 17{,}528 = 89{,}728 = \mathrm{Zr}.$$

Der Ausdruck für das 3-werthige Scandium-Atom enthält den Factor $1 + \frac{1}{\sqrt{3}}$, ebenso wie der Ausdruck für das dreiwerthige Bor-Atom. Desgleichen ist für Titan ebenso wie für Kohlenstoff der Factor $1 + \frac{1}{\sqrt{2}}$ und für Zircon ebenso wie für Silicium der Factor $1 + 1$ zur Berechnung verwendet. Auf die Construction von geometrischen Figuren, welche diesen Ausdrücken entsprechen, kann ich mich noch nicht einlassen; ich bemerke nur, dass vielleicht $\sqrt{2}$ und $\frac{\sqrt{3}}{2}$ wiedergegeben werden könnten als Verhältnisszahlen von Kante zu Axenlänge bei regulären Polyedern.

Versuche, die höheren Glieder solcher Reihen zu berechnen, führten bisher leider nicht zu befriedigenden Resultaten.

Der Ausdruek $4\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$ giebt

mit $c = \frac{1}{4}$ 75,212

mit $c = \frac{1}{2(1 + \sqrt{3})}$ . . . . 137,163 La?

Der Ausdruck $4\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\sqrt{2}$

giebt mit $c = \frac{1}{4}$ 81,168

mit $c = \frac{1}{2(1 + \sqrt{3})}$ . . . . 146,42 Di?

Der Ausdruck $4\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}(1 + 1)\frac{\sqrt{3}}{2}$ giebt

mit $c = \frac{1}{4}$ 76,31

mit $c = \frac{1}{2(1 + \sqrt{3})}$ . . . . 138,79 Ce?

Einen ebenso zweifelhaften Erfolg hatte der Versuch, Zircon und Thorium in eine Formel zusammenzufassen. Es berechnet sich aus

$8\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}(1+1)\frac{\sqrt{3}}{3 \cdot c}$ mit $c = \frac{1}{3}$ . . . . 89,728 Zr?

$6\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4} \cdot \frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}(1 + 1)\frac{\sqrt{3}}{3 \cdot c}$ mit $c = \frac{1}{2(1 + \sqrt{3}}$ . . . . 232,05 Th?

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass eine einheitliche Berechnungsweise der Atomgewichte von Gruppen der seltenen Erdmetalle mir noch nicht gelungen ist, und wohl auch in Zukunft mit viel Schwierigkeiten

verbunden sein wird. Bessere Resultate lassen sich glücklicherweise bei den Schwermetallen erreichen.

Wenn wir den Kohlenstoff als Ausgangspunkt nehmen, und nach Elementen suchen, deren Atome ähnlich wie C 2- und 4-werthig, resp. 1- und 2-werthig auftreten, können wir als nächste Verwandte des Kohlenstoffs Germanium und Zinn, ferner Kupfer, Silber und Quecksilber betrachten. Für Kohlenstoff hatten wir berechnet

$$C = 11{,}9497 = 7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right).$$

Nach den bisher verfolgten Grundsätzen können daraus Atomgewichte von dem Kohlenstoff verwandten Elementen berechnet werden aus dem Ausdruck

$$3\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\left[\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}\right].$$

Daraus erhalten wir, wenn für c nach einander die Zahlen $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}$ eingesetzt werden:

$$3\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\left(3^2+\frac{3^4}{(6-2)^2}\right)=46{,}089+25{,}912=72{,}001=\mathrm{Ge}$$

$$3\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\left(4^2+\frac{4^4}{(8-2)^2}\right)=81{,}936+36{,}415=118{,}351=\mathrm{Sn}$$

$$3\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\left[(5{,}464)^2+\frac{(5{,}464)^4}{(10{,}928-2)^2}\right]=152{,}893+57{,}268=210.161=\mathrm{Bi}.$$

Das erste Atomgewicht Ge = 72,001 stimmt überein mit der Angabe der Ostwald'schen Tabelle. Das zweite Atomgewicht Sn = 118,351 steht in der Mitte zwischen den verschiedenen Angaben. Ostwald berechnet für O = 16 : 118,10. Bongarth und Classen fanden (1888). Sn = 119,1 für O = 16 und 118,8 für O = 15,96. Das dritte Atomgewicht Bi = 210,16 erscheint etwas zu hoch;

dasselbe giebt Ostwald mit 208,0 für O = 16, Dumas mit 210,46 und Muir nach der gewichtsanalytischen Chlorbestimmung Bi = 209,35 und nach der volumetrischen Chlorbestimmung Bi = 211,58. Das Atomgewicht Bi = 210,16 liegt demnach in den Grenzen der experimentellen Bestimmungen. Es muss jedoch auffallen, dass es als 3- und 5-werthiges Atom eine Stelle gefunden hat als Endglied für die 2- und 4-werthigen Elemente Ge und Sn. Dieses befremdliche Ergebniss wäre unverständlich, wenn es nicht durch Analogieen in anderen Reihen von Elementen, welche zunächst besprochen werden sollen, bestätigt würde.

Der Ausdruck, nach welchem Ge, Sn, Bi berechnet wurden, lässt sich auch schreiben:

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)+3\,\frac{1}{c^4\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right).$$

Das Endglied dieses Ausdrucks $\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$, welches zugleich für die Berechnung von C massgebend war, findet sich auch in folgendem Ausdruck:

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)+\frac{3}{2}\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

und dieser führt, wenn man wieder nacheinander $c = \frac{1}{3}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{5{,}464}$ einsetzt, zu den Atomgewichten von Kupfer, Silber und Gold. Derselbe ergiebt:

mit $c = \frac{1}{3} \ldots . \; 3\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\cdot 3^2+\frac{3}{2}\cdot\frac{3^4}{(6-2)^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)=$

$$50{,}382 + 12{,}957 = 63{,}339 = \text{Cu}$$

mit $c = \frac{1}{4} \ldots . \; 3\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\cdot 4^2+\frac{3}{2}\cdot\frac{4^4}{(8-2)^2}\cdot\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)=$

$$89{,}568 + 18{,}209 = 107{,}717 = \text{Ag}$$

mit $c = \frac{1}{5{,}464} \ldots 3\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)(5{,}464)^2 +$
$\frac{3}{2} \cdot \frac{(5{,}464)^4}{(10{,}928 - 2)^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 167{,}134 + 28{,}636 = 195{,}770 = \text{Au}.$

Also auch hier finden wir aus derselben Gleichung nach zwei 1- und 2-werthigen Elementen ein 3-werthiges. Um zu dem 1- und 2-werthigen Endglied dieser Reihe, dem Quecksilber, zu gelangen, brauchen wir an dem Ausdruck

$$3 \cdot \frac{1}{c^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{3}{2}\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)$$

nur das letzte Glied zu verändern.

Es ergiebt der Ausdruck

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{c^4} \cdot \frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

mit $c = \frac{1}{5{,}464} \ldots 3\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)(5{,}464)^2 +$
$\frac{3}{2}\,\frac{(5{,}464)^4}{(10{,}928 - 2)^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 167{,}134 + 31{,}312 = 198{,}446 = \text{Hg}.$

Die so berechneten 4 Atomgewichte stimmen vollkommen genügend überein mit den empirisch ermittelten, und die Berechnungsweise lässt auch einen Zusammenhang mit den vorhergehenden Elementen erkennen. Es ist hier wiederum auffallend, dass dieselbe Berechnung nach zwei 1- und 2-werthigen Elementen in derselben Reihe ein 3-werthiges ergiebt. Dafür nun möchte ich eine Erklärung suchen durch Vergegenwärtigung des Umstandes, dass die für c eingesetzten Werthe $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2(1 + \sqrt{3})}$; nicht eine lineare Theilung bedeuten, sondern in gewissem Sinne eine Theilung der Kreisfläche anzuzeigen scheinen. Der Einfachheit halber können wir für diesen

Zweck die Werthe von c mit 2 multipliciren und erhalten dann in den folgenden Figuren No. 41, No. 42, No. 43 etwa ein Bild für das Verhältniss, in welchem die drei Werthe von c zu einander stehen könnten.

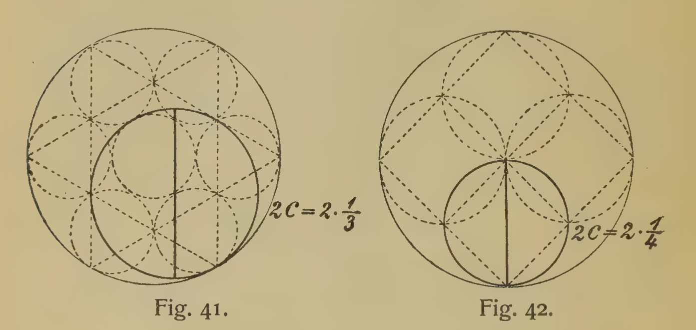


Fig. 41. Fig. 42.

Diese Zeichnungen lassen es denkbar erscheinen, dass für die 2 ersten Werthe von c aus einer Gleichung sich 1- und 2-werthige Atomgewichte, für den dritten Werth von c aber aus derselben Gleichung sich ein 3-werthiges Atomgewicht berechnen lässt.

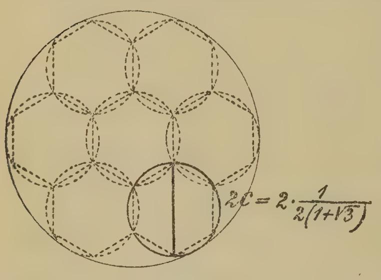


Fig. 43.

Vergleichen wir die zur Berechnung gebrauchten Ausdrücke

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)+3\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

und

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)+\tfrac{3}{2}\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$$

mit dem für Kohlenstoff gebrauchten Ausdruck $7\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ $= 11{,}9497$, und erinnern wir uns, dass $7\left(1+\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$ abgeleitet und gezeichnet wurde als $7\left(1+\frac{B}{2}\right)$, in welchem Ausdruck $B = \frac{2}{\sqrt{2}}$ gedeutet war, so können wir annehmen, dass eine graphische Darstellung dieser Ausdrücke wohl durchführbar sein wird, indem $\sqrt{2}$ den Radius eines Kreises bedeutet, der um ein Quadrat von Kantenlänge $= 1$ gelegt ist, und $\sqrt{3}$ den Radius einer Kugel bedeutet, welche um einen Würfel gelegt ist, dessen Kantenlänge $= 1$ ist. In den beiden Ausdrücken ist ferner enthalten $3\,\frac{1}{c^2}$; und dieses kann man sich denken als $\frac{1}{\left(\frac{c}{\sqrt{3}}\right)^2}$; d. h. es könnte anstatt c die Kante eines Würfels gezeichnet werden, der in eine Kugel vom Radius $= c$ gelegt ist.

Schliesslich will ich hier noch darauf aufmerksam machen, dass der zur Berechnung des Quecksilber-Atoms verwendete Ausdruck grosse Aehnlichkeit hat mit dem zur Berechnung der Alkaliatome gebrauchten Ausdruck.

Für die Alkali-Metalle hatten wir die Gleichung

$$2\,\frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{a} - 2\right)^2} = \text{Atomgewicht.}$$

Für Quecksilber lässt sich die Gleichung schreiben

$$\left[2\frac{1}{c^2} + \frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}\right] \cdot \tfrac{3}{2} \cdot \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = \text{Atomgewicht.}$$

Ebenso gut gekannt und scharf charakterisirt sind die Elemente Zink, Cadmium u. s. w.; sie werden ge-

wöhnlich betrachtet als verwandt mit Magnesium und den alkalischen Erdmetallen, ich glaube aber ebenso gut in denselben Aehnlichkeit annehmen zu können mit dem Silicium, da sie ebenso wie letzteres vorwaltend nur eine Oxydationsstufe haben. Zur Berechnung von Silicium diente der Ausdruck $2 \cdot 7\ (1 + 1) = 28$ und die Atomgewichte dieser Gruppe lassen sich berechnen aus dem Ausdruck

$$\frac{1}{\left(\frac{c}{\sqrt{3}}\right)^2}(1+1) + \frac{1}{\left(\frac{c}{\sqrt{3}}\right)^4}\ \frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\ \tfrac{1}{8}(1+1)$$

oder einfacher geschrieben aus

$$6\,\frac{1}{c^2} + \tfrac{9}{4}\cdot\frac{1}{c^4}\ \frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}.$$

Wenn man in diesen Ausdruck für c nach einander die bekannten Werthe $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}$ einsetzt, erhält man:

$$6\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \tfrac{9}{4}\cdot\frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\ \frac{1}{(6-2)^2} = 54 + 11{,}385 = 65{,}385 = \mathrm{Zn}$$

$$6\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + \tfrac{9}{4}\ \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\cdot\frac{1}{(8-2)^2} = 96 + 16 = 112{,}0 = \mathrm{Cd}$$

$$6\,\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^2} + \tfrac{9}{4}\ \frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^4}\ \frac{1}{(10{,}928-2)^2} = 179{,}136 + 25{,}126 = 204{,}298 = \mathrm{Tl}.$$

Diese Zahlen stimmen mit den Atomgewichten von Zink, Cadmium und Thallium überein; zu bemerken ist wiederum, dass aus derselben Gleichung zuerst zwei 2-werthige und als drittes ein 3-werthiges Atom berechnet wurden. Um zu dem 2-werthigen Schlussglied dieser Reihe, dem Blei zu gelangen, können wir in dem Ausdruck die letzte Klammer $(1 + 1)$ verändern in $(1 + \sqrt{\frac{3}{2}})$, wobei möglicherweise $\sqrt{\frac{3}{2}}$ den Durchmesser

einer Kugel bedeutet, welche einen regulären Tetraëder einschliesst, dessen Kante = 1 ist. Es berechnet sich mit

$$c = \frac{1}{2(1+\sqrt{3})} \text{ aus } 6\,\frac{1}{c^2} + \tfrac{9}{8}\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\,(1+\sqrt{\tfrac{3}{2}})$$

$$6\,\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^2} + \tfrac{9}{8}\,\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^4}\,\frac{1}{(10{,}928-2)^2}\,(1+1{,}225) =$$

$$179{,}136 + 27{,}991 = 207{,}127 = \text{Pb}.$$

Ein fast gleiches Resultat giebt auch der einfachere Ausdruck

$$6\,\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^2} + \tfrac{5}{4}\,\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^4}\,\frac{1}{(10{,}928-2)^2} = 207{,}093.$$

Anschliessend an diese Elemente könnten wir auch das Atomgewicht von Thorium berechnen. Es giebt mit

$$c = \frac{1}{2(1+\sqrt{3}}$$

$$6\,\frac{1}{c^2} + 3\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\,\frac{1+\sqrt{3}}{\sqrt{3}} = 232{,}054 = \text{Th}.$$

Wenn wir in dem für Zink, Cadmium und Thallium angewendeten Ausdruck $6\,\frac{1}{c^2} + \frac{9}{4}\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}$ von dem zweiten Glied nur die Hälfte nehmen, erhalten wir die Atomgewichte von Kobalt, Rhodium und Iridium.

Es giebt der Ausdruck $6\,\frac{1}{c^2} + \frac{9}{8}\,\frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}$, wenn man die bekannten Werthe von c einsetzt:

$$6\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \tfrac{9}{8}\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\cdot\frac{1}{(6-2)^2} = 54 + 5{,}692 = 59{,}692 = \text{Co}$$

$$6\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + \tfrac{9}{8}\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(8-2)^2} = 96 + 8 = 104{,}0 = \text{Rh}$$

$$6\frac{1}{\left(\frac{1}{5,464}\right)^2} + \frac{9}{8}\frac{1}{\left(\frac{1}{5,464}\right)^4}\frac{1}{(10,928-2)^2} = 179,136 +$$
$$12,581 = 191,717 = \text{Ir.}$$

Ein ähnliches Verhältniss in der Berechnungsweise, wie zwischen Zink und Kobalt, könnten wir auch zwischen Gallium und Eisen vermuthen, indem die Differenz der Atomgewichte in beiden Fällen die Hälfte des zweiten Gliedes des Ausdrucks betragen kann.

Wählen wir zur Berechnung von Gallium, das als 3-werthiges Atom bekannt ist, in Analogie mit dem für Bor verwendeten Ausdruck $7\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 11,041$, den Ausdruck

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{c}{2}-2\right)^2}\cdot\frac{3}{2}\cdot\frac{9}{4}\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right),$$

so erhalten wir

mit $c = \frac{1}{3}$ .... $3\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(6-2)^2}\cdot\frac{3}{2}\cdot$

$\frac{9}{4}\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 42,588 + 26,937 = 69,525 = \text{Ga}$

mit $c = \frac{1}{4}$ .... $3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(8-2)^2}\cdot\frac{3}{2}\cdot$

$\frac{9}{4}\cdot\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 75,712 + 37,855 = 113,567 = \text{In.}$

d. h. die Atomgewichte von Gallium und Indium. Nehmen wir aber vom zweiten Glied dieses Ausdrucks nur die Hälfte, so erhalten wir mit $c = \frac{1}{3}$

$$42,588 + 13,468 = 56,057 = \text{Fe}$$

d. h. ungefähr das Atomgewicht von Eisen.

Hier könnten wir noch eine Berechnung für Uran, welches 4-bis 6-werthig ist, einschieben. Es giebt mit $c = \frac{1}{2(1+\sqrt{3})}$ der Ausdruck

$$4\frac{1}{c^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right)+\frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\cdot 2\cdot\sqrt{2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right)=$$

$$188{,}367 + 49{,}861 = 238{,}26 = \text{Ur}.$$

Für weitere Berechnungen von Atomgewichten könnten wir berücksichtigen, dass im sogenannten natürlichen System, Eisen, Ruthenium und Osmium, ferner Nickel, Palladium und Platin je eine Reihe bilden. Berechnen wir

für Eisen $6\cdot 7 + 6\cdot 2\cdot\frac{2}{\sqrt{3}} = 42 + 13{,}855 = 55{,}855 = \text{Fe}$

für Nickel $6\cdot 7 + 6\cdot 2\cdot\frac{2}{\sqrt{2}} = 42 + 16{,}97 = 58{,}97 = \text{Ni}$,

so berechnen sich Ru und Os aus

$$6\cdot\frac{1}{c^2}+\frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}}$$

ferner Pd und Pt aus

$$6\frac{1}{c^2}+\frac{1}{c^4}\frac{1}{\left(\frac{2}{c}-2\right)^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{2}}.$$

Durch Einsetzen der bekannten Werthe $c = \frac{1}{4}$ und $c = \frac{1}{2(1+\sqrt{3})}$ giebt der erste Ausdruck

$$6\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}+\frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\frac{1}{(8-2)^2}\frac{2}{\sqrt{3}} = 96 + 8{,}21 = 104{,}2 = \text{Ru}$$

$$6\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^2}+\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^4}\frac{1}{(10{,}928-2)^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}}=$$

$$179{,}136 + 12{,}912 = 192{,}048 = \text{Os}$$

und der zweite Ausdruck

$$6\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}+\frac{1}{(\frac{1}{4})^3}\frac{1}{(8-2)^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{2}} = 96 + 10{,}056 = 106{,}056 = \text{Pd}$$

$$6\frac{1}{\left(\frac{1}{5,464}\right)^2}+\frac{1}{\left(\frac{1}{5,464}\right)^4}\cdot\frac{1}{(10,928-2)^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{2}}=$$
$$179,136+15,815=194,951=\text{Pt}.$$

Damit ist nun ein Uebergang hergestellt zur Berechnung von Atomgewichten derjenigen Schwermetalle, deren Sauerstoffverbindungen einen vorwiegend sauren Character zeigen, welche also durch ihre Eigenschaften an Schwefel, Phosphor, Chlor u. s. w. erinnern. Für diese hatten wir die Atomgewichte berechnet als:

$$4(7+\tfrac{3}{4})=31=\text{P};\quad 4(7+\tfrac{4}{4})=32=\text{S};$$
$$4\left(7+\frac{2+\sqrt{3}}{2}\right)=35,464=\text{Cl}.$$

Eine gewisse Analogie mit dieser Berechnungsweise, sowie auch mit

$$7\left(1+\frac{1}{\sqrt{3}}\right)=11,041=\text{Bo};\ 7\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)=11,9497=\text{C};$$

finden wir in folgenden Ausdrücken:

$$6\left(7+\frac{1+\frac{1}{\sqrt{3}}}{1}\right)=42+9,464=51,464=\text{Va}$$
$$6\left(7+\frac{1+\frac{1}{\sqrt{2}}}{1}\right)=52,2426=\text{Cr}$$
$$6\left(7+\frac{2+\sqrt{3}}{\sqrt{3}}\right)=54,928=\text{Mn}.$$

An diese 3 Elemente Vanadin, Chrom, Mangan reihen sich als höhere Glieder in der Aufstellung des natürlichen Systems, nach Vanadin Niob und Tantal, und nach Chrom Molybdän und Wolfram. Wenn wir uns nun erinnern, dass die nach P, S und Cl folgenden Elemente, wie auf pag. 19, 20 und 40 gezeigt wurde, sich am einfachsten berechnen lassen nach dem Ausdruck

$$2\,\frac{1}{a^2} + \frac{1}{a^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{a} - 2\right)^2} \cdot \frac{1}{a} \cdot Z,$$

so werden wir in folgenden Ausdrücken eine gewisse Analogie finden. Die Atomgewichte von Niob und Tantal lassen sich berechnen aus

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2} \cdot \frac{1}{c} \cdot \tfrac{2}{3}.$$

Daraus wird

mit $c = \frac{1}{4} \ldots 3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4} \cdot \frac{1}{(8-2)^2} \cdot 4 \cdot \frac{2}{3} =$

$$75{,}712 + 18{,}963 = 94{,}675 = \text{Nb}$$

mit $c = \frac{1}{2(1+\sqrt{3})} \ldots 3\,\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) +$

$\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^4}\,\frac{1}{(10{,}928 - 2)^2} \cdot 5{,}464 \cdot \frac{2}{3} = 141{,}279 + 40{,}736 =$

$$182{,}015 = \text{Ta}.$$

Die Atomgewichte von Molybdän und Wolfram finden wir in vollständiger Analogie durch den Ausdruck:

$$3\,\frac{1}{c^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{c^4}\,\frac{1}{\left(\frac{2}{c} - 2\right)^2}\,\frac{1}{c} \cdot \tfrac{1}{2}.$$

Derselbe giebt:

mit $c = \frac{1}{4} \ldots 3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4} \cdot \frac{1}{(8-2)^2} \cdot 4 \cdot \frac{1}{2} =$

$$81{,}941 + 14{,}222 = 96{,}163 = \text{Mo}$$

mit $c = \frac{1}{2(1+\sqrt{3})} \ldots 3\,\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^2} \cdot \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) +$

$\frac{1}{\left(\frac{1}{5{,}464}\right)^4} \cdot \frac{1}{(10{,}928 - 2)^2} \cdot 5{,}464 \cdot \frac{1}{2} = 152{,}901 + 30{,}552 =$

$$183{,}453 = \text{Wo}.$$

Damit ist nun meine vorläufige orientirende Berechnung der Atomgewichte, soweit sie einigermassen sicher bekannt sind, geschlossen. Die Berechnungen finden sich in beigegebener Tabelle übersichtlich zusammengestellt. Ich bemerke aber ausdrücklich, dass ich ihnen keine Gültigkeit beimesse, solange es nicht gelungen ist, für dieselben graphische Darstellungen zu geben, und dieselben in vollkommen consequenter Weise zu berechnen. Eine gewisse Schwierigkeit wird noch darin bestehen, sie mit dem Dulong-Petit'schen Gesetz und mit der herrschenden Atomtheorie in Einklang zu bringen. Wenn wir aber nun die Frage aufwerfen, welchen Zweck etwa die in Obigem mitgetheilten Berechnungsweisen der Atomgewichte haben könnten, ob sie uns nur zu einer genauen theoretischen Berechnungsweise der Atomgewichte führen sollen, oder ob sie vielleicht nur eine Erklärung dafür geben sollen, dass es bisher mit allen Mitteln der Wissenschaft nicht gelungen ist, die chemischen Elemente umzuarbeiten oder gar zu einer Fabrikation von Grundstoffen zu gelangen, dann dürfen wir auch folgende Frage ins Auge fassen, ob nicht auf dem eingeschlagenen Wege für die Wissenschaft vielleicht weitere Resultate zu erzielen sein werden. Versuchen wir zunächst zu einer Erklärung des Gravitationsgesetzes zu gelangen.

VIII. Das Gravitationsgesetz.

Das Gravitationsgesetz besagt, dass zwischen zwei Körpern eine Anziehung stattfindet, welche proportional ist dem Produkt der Massen (Gewichte) und umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung dieser zwei Körper, d. h. dass zwischen einem Körper, der das Gewicht A hat, und einem zweiten Körper, der das Gewicht B hat, wenn zwischen beiden Körpern die Entfernung E liegt, eine Anziehungskraft wirkt, welche

proportional ist $\frac{A \cdot B}{E^2}$. Diese von Newton entdeckte Kraft hat bisher keine ausreichende Erklärung gefunden, und wir wollen versuchen, sie von unserem Standpunkte aus zu betrachten, indem wir annehmen, dass die Atome selbst sie erzeugen.

Die in Vorstehendem berechneten Atomgewichte (Atomgravitationen) setzen sich zusammen aus verschiedenen Summen von Quadraten der umgekehrten Entfernungen von Punkten oder Punktsystemen. Anstatt der Punkte können wir Aetherwirbel vermuthen, welche um so schneller rotiren, je näher sie einander liegen, und wir können, wie in den Zeichnungen beschrieben, $\frac{1}{a^2}$ oder $\frac{1}{c^2}$ annehmen als die Quadrate der Winkelgeschwindigkeiten, mit welchen die Wirbel rotiren, und die Summe der aus den Figuren berechneten Ausdrücke bezeichnen als die Summe der Quadrate der Winkelgeschwindigkeiten, welche in jedem gezeichneten System für eine gleichzeitige Umdrehung des ganzen Systems vorkommen. Wenn wir uns Aetherwirbel vorstellen, wie sie ja nach den Berechnungen von Helmholtz möglich sind, so müssen wir auch eine Einwirkung derselben auf den kosmischen Aether voraussetzen und zwar eine Anziehung und andererseits auch Abstossung von Aether, deren Fernwirkung proportional sein muss dem umgekehrten Quadrate der Entfernung und vermuthlich proportional dem Atomgewicht, oder in unserem Sinne proportional der Atomgravitation d. h. der Summe der in den Wirbeln des Atoms vorkommenden Quadrate der Winkelgeschwindigkeiten. Unter diesem Gesichtspunkte möchte ich folgende Erklärung der Gravitation geben. Es seien in der Entfernung E von einander A und B zwei Atome, von welchen jedes proportional seinem Atomgewichte A und B auf den Aether eine Anziehung ausübe und, da eine

fortwährende Anziehung allein nicht denkbar ist, auch abstossend wirke.

Die Anziehung sei umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung. In Folge dieser Anziehung bewegen sich nach A von allen Seiten A Aethertheilchen und ebenso nach B von allen Seiten B Aethertheilchen; in Folge dessen bewegen sich in der Richtung AB gegen A $A + \frac{B}{E^2}$ Aethertheilchen, gegen B $B - \frac{A}{E^2}$ Aethertheilchen; desgleichen in der Richtung BA gegen B $B + \frac{A}{E^2}$ und gegen A $A - \frac{B}{E^2}$ Aethertheilchen.

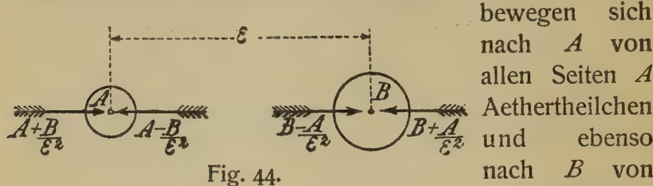


Fig. 44.

Nehme ich nun den Aether als continuirlich an, so werden in der Richtung AB die gegen A stossenden $A + \frac{B}{E^2}$ Aethertheilchen sich mit der Geschwindigkeit $A + \frac{B}{E^2}$ bewegen, die gegen B stossenden $B - \frac{A}{E^2}$ Aethertheilchen sich mit der Geschwindigkeit $B - \frac{A}{E^2}$ bewegen; die entsprechenden Kräfte sind also $\left(A + \frac{B}{E^2}\right)^2 + \left(B - \frac{A}{E^2}\right)^2$ und in der entgegengesetzten Richtung BA werden die bewegenden Kräfte $\left(B + \frac{A}{E^2}\right)^2 + \left(A - \frac{B}{E^2}\right)^2$.

Fig. 45.

Es werden also die von Aussen gegen die Atome drückenden Kräfte:

$$\left(A + \frac{B}{E^2}\right)^2 + \left(B + \frac{A}{E^2}\right)^2$$

und die in entgegengesetzter Richtung von Innen nach Aussen treibenden Kräfte:

$$\left(A - \frac{B}{E^2}\right)^2 + \left(B - \frac{A}{E^2}\right)^2$$

und es resultirt für die Grösse der nach der Mitte treibenden Kraft:

$$\left(A + \frac{B}{E^2}\right)^2 + \left(B + \frac{A}{E^2}\right)^3 - \left(A - \frac{B}{E^2}\right)^2 - \left(B - \frac{A}{E^2}\right)^2 =$$
$$= 8 \cdot \frac{A \cdot B}{E^2}$$

eine Kraft, welche proportional ist dem Product der beiden Atomgewichte und umgekehrt proportional ist dem Quadrate der Entfernung derselben, welche somit als Gravitationskraft gelten kann.

Ich möchte daher annehmen, dass die Atome continuirlich aus allen Richtungen den Aether anziehen, und im Gegensatz dazu dasselbe Aetherquantum sowohl in tangentialer als auch in centrifugaler Richtung und zwar von einzelnen rotirenden Centren aus, also gleichsam in Wellenform condensirt aussenden, und dass diese Wellen erst in grösseren Entfernungen sich wieder in continuirlichen Aether umwandeln. Eine solche Annahme wird, wie mir scheint, meine Erklärung der Gravitation als zulässig erscheinen lassen, und zugleich mit bekannten Thatsachen nicht in Widerspruch stehen.

IX. Der gasförmige Aggregatzustand.

Von dieser Besprechung der Gravitation aus können wir uns einer Besprechung der Aggregatzustände der Materie, oder in unserem Sinn gesprochen, der Materien zuwenden.

Fassen wir zuerst den gasförmigen Aggregatzustand ins Auge, als denjenigen Zustand, in welchem jedes Molekül als frei für sich existirend gedacht wird. Das Molekül ist ein Körper, zu welchem sich eine Anzahl Atome chemisch oder physikalisch verbunden haben, und das Gewicht des Moleküls, das Moleculargewicht ist ceteris paribus bestimmend für die Dichte der Gase. Auch für einige Eigenschaften des tropfbar flüssigen Zustandes der Körper ist das Molekulargewicht von Bedeutung. Das Molekulargewicht ist die Summe der Gewichte der das Molekül zusammensetzenden Atome; in unserem Sinne gesprochen ist die Molekulargravitation gleich der Summe der Gravitationen der im Molekül enthaltenen Atome.

In der vorangegangenen Erklärung des Gravitationsgesetzes haben wir angenommen, dass die Kraft, mit welcher der Aether von den Atomen angezogen und abgestossen wird, proportional sei dem Quadrate des Atomgewichts. Nehmen wir also beim Molekül an, dass dieselben Kräfte proportional seien dem Quadrate des Molekulargewichts. Vergegenwärtigen wir uns nun, dass der Aether angezogen wird vom Molekül als continuirlich vertheilter Aether, aber ausgestossen wird als in Wellenform condensirter Aether, so werden wir in der Gegenwirkung der von zwei benachbarten Molekülen ausgestossenen Aetherwellen eine Ursache erblicken können dafür, dass die Moleküle sich nicht vollständig einander nähern können, sondern nur soweit sich nähern, als die Stösse der von den Atomcentren ausgehenden Wellen das Gleichgewicht halten gegen die durch das Gravitationsgesetz bedingte Anziehung der Moleküle.

Nehmen wir an, dass in einem Gase die Moleküle gleichmässig vertheilt sind, so sind in demselben die Entfernungen zwischen den Molekülen alle gleich gross und $= \sqrt[3]{\text{Molekularvolumen.}}$ Nach dem Gravitations-

gesetz ist dann die Anziehung zwischen 2 benachbarten gleichen Molekülen proportional dem Ausdruck

$$\left(\frac{\text{Molekulargewicht}}{\sqrt[3]{\text{Molekularvolumen}}}\right)^2$$

Es ist aber die Anziehung, welche die ganze Masse des Gases auf ein einzelnes Molekül ausübt, im umgekehrten Verhältnis stehend nicht zum Quadrate der geradlinigen Entfernung zweier benachbarter Moleküle, sondern zum Quadrate des Raumes, der ein Molekül von den benachbarten trennt, also proportional dem Ausdruck

$$\left(\frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Molekularvolumen}}\right)^2$$

dieses sei also die Anziehung, welche die Summe der im Gase enthaltenen gleichen Moleküle auf ein einzelnes ausübt. Dieser Anziehung entgegen wirken abstossend die von dem einzelnen Molekül ausgestossenen Aetherwellen, deren Kraft wir $=$ (Molekulargewicht)^2 gesetzt hatten. Diese beiden Kräfte halten sich das Gegengewicht, wenn die Gleichung erfüllt ist

$$\left(\frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Molekularvolumen}}\right)^2 = (\text{Molekulargewicht})^2$$

d. h. wenn $\text{Molekularvol.} = \frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Molekulargewicht}}$.

Auf diese Weise kann aus der Rechnung zugänglichen Kräften berechnet werden, dass das Molekularvolumen unabhängig ist vom Molekulargewicht, und dieses ist der Inhalt der Avogadro'schen Hypothese. Aus denselben Voraussetzungen werden wohl auch das Gay-Lussac'sche und das Mariotte'sche Gesetz abgeleitet werden können. Es wird sich auch manche andere bemerkenswerthe Eigenschaft der Gase in mathematischer Weise aus dieser meiner Auffassung erläutern lassen, und vielleicht wird damit eine Aenderung der jetzt geltenden mechanischen Theorie der Gase angebahnt werden. Die jetzige kinetische Theorie leidet nach

meiner Ansicht an einer inneren Unwahrscheinlichkeit, wenn wir den Zustand unserer irdischen Atmosphäre betrachten. Nach der jetzigen Theorie der Gase nämlich berechnet sich die mittlere geradlinige Geschwindigkeit der unsere Atmosphäre zusammensetzenden Moleküle zu ungefähr 500 Meter pro Secunde, d. h. zu ungefähr 1800 Kilometer pro Stunde. Dabei können wir die Atmosphäre wahrscheinlich in einer Mächtigkeit von 100 Kilometer annehmen; also könnte ein Molekül unserer atmosphärischen Luft in ca. 3 bis 4 Minuten von der Erdoberfläche geradlinig fortschreitend bis an die äusserste Grenze der Atmosphäre gelangen. Dort findet es unseres Wissens keine feste Wand, von welcher es wieder zurückprallt; an der Erdoberfläche ist aber eine feste Wand vorhanden; woher kommt da der Beharrungszustand unserer Atmosphäre? In dieser Hinsicht scheint mir die jetzige Theorie der Gase nur haltbar, wenn an der oberen Grenze der Atmosphäre eine feste Wand entdeckt wird, oder wenn nachgewiesen wird, dass die Atmosphäre sich mit unglaublicher Geschwindigkeit erneuert.

Es scheint mir also meine Annahme mehr Wahrscheinlichkeit für sich zu haben, insofern als die Moleküle der Gase gedacht werden können als mit starker intramolekularer Bewegung ausgestattet, aber dabei einer dem Gravitationsgesetz entsprechenden Anziehung unterworfen. Diese Anziehung wirkt nach meiner Annahme auf jedes Molekül von allen Seiten gleichmässig, und dementsprechend muss auch dieser Anziehung entgegengesetzt nach allen Seiten gleichmässig die abstossende Kraft der einzelnen Moleküle wirken. Diese Abstossung könnte man sich denken proportional der Summe der im Molekül enthaltenen Atomgewichte (Atomgravitationen), hervorgebracht durch Aetherwellen, welche von den Bewegungscentren oder Wirbeln der Atome ausgesendet werden. Da diese Abstossung nach allen Richtungen gleichmässig stattfindet, möchte ich annehmen, dass die

Aetherwirbel nicht in einer und derselben Ebene rotirend verbleiben, sondern im gasförmigen Zustand diese Ebene beständig verändern und gleichsam auf einer Kugelfläche sich bewegend gedacht werden können, so etwa, dass sie, wenn man so sagen darf, in äquatorialer Richtung stets mit einer für alle Atome gleichen und von der Temperatur abhängigen Winkelgeschwindigkeit fortschreiten, während sie in meridionaler Richtung mit einer von der Natur der Atome und von deren Verkettung abhängigen Geschwindigkeit sich bewegen.

Eine derartige mechanische Vorstellung von den Erscheinungen des gasförmigen Aggregatzustandes scheint mir im Gegensatz zu den Erscheinungen des tropfbar flüssigen und des festen Aggregatzustandes angezeigt, in welch letzterem ich glaube mit einiger Berechtigung ein Schwingen oder Rotiren der Bewegungscentren oder Wirbel der Atome in einer sich gleichbleibenden Ebene annehmen zu dürfen, so zwar, dass im festen Aggregatzustand die verschiedenen Moleküle in einem System von parallelen Ebenen nach bestimmten Regeln rotirend und schwingend gedacht werden können, wie es die Sohnke'schen Raumgitter veranschaulichen.

X. Der feste Aggregatzustand.

Der feste Aggregatzustand ist in seinem Wesen viel weniger erkannt als der gasförmige Zustand. Aus den einfachen Beziehungen zwischen dem Molekularvolum und Atomvolum bei den Gasen glaubte man auf ähnliche Beziehungen bei den festen Körpern schliessen zu können. Es ist vielfach gelungen, nachzuweisen, dass Molekularvolumina einfache Additionsprodukte der Volumina der sie zusammensetzenden Atome sind, doch ist es nicht geglückt, und zwar am wenigsten bei den Alkali- und Erdalkalimetallen, einfache gesetzmässige Beziehungen dafür aufzufinden. Es ist trotz der Untersuchungen von Kopp, Schröder u. A. noch keine einfache durch-

greifende Beziehung zwischen dem Molekularvolum der Verbindungen und der sie zusammensetzenden Elemente gefunden. Es wurden zwar gewisse Regelmässigkeiten festgestellt, z. B. dass die Atomvolumina der Alkalimetalle ziemlich einfache Vielfache derselben Zahl sind.

Es ist für	Li	Na	Ka	Rb	Cs
das Atomvolum ca.	12	24	45	56	70.

Ferner haben die 3 Halogene Chlor, Brom und Jod ziemlich dasselbe Atomvolum von ca. 25, desgleichen die 6 Platinmetalle, Ruthenium, Rhodium, Palladium, Osmium, Iridium, Platin ungefähr dasselbe Atomvolum von ca. 9; es haben Zirkon und Thorium fast dasselbe Atomvolum = 22 und dieses ist ungefähr doppelt so gross als dasjenige von Silicium, welches zu 11,4 berechnet ist; ferner haben mehrere Metalle Atomvolumina, welche zwischen 6 und 8 liegen. Alle diese Zahlen aber bedeuten nur gewisse Regelmässigkeiten und es fehlen für dieselben bisher die Erklärungen. Es wird wohl auch kaum, trotz der fast unbegrenzten Fülle von Beobachtungsmaterial, Klarheit in dieses Kapitel gebracht werden können, wenn man nicht eine neue theoretische Betrachtung zu Hilfe nimmt. Eine solche glaube ich in Folgendem gefunden zu haben.

Für die Berechnung der Atomgewichte habe ich in den meisten Fällen die Gleichung benutzt:

$$n \cdot \frac{1}{a^2} + m \frac{1}{a^4\left(\frac{2}{a} - 2\right)^2} = \text{Atomgewicht},$$

indem für $\frac{1}{a}$ nacheinander die Werthe 2, 3, 4, 6, 7,5 und an Stelle von $\frac{1}{a}$ für $\frac{1}{c}$ die Werthe 3, 4, und $2(1 + \sqrt{3})$ eingesetzt wurden.

Es scheint mir nun, dass für den festen Aggregatzustand folgende Gleichung von Bedeutung ist:

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Atomgewicht}}{\text{Atomvolum}} = \frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Molekularvolum}} = \frac{1}{a^2} \frac{1}{\frac{1}{a} - 1}.$$

Der Ausdruck $\frac{1}{a^2\left(\frac{1}{a}-1\right)}$ ist offenbar nichts Anderes, als die Quadratwurzel aus dem zweiten Gliede $m \cdot \frac{1}{a^4\left(\frac{2}{a}-2\right)^2}$ des zur Berechnung des Atomgewichts benutzten Ausdrucks, und die Gleichung

$$\frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Molekularvolum}} = \frac{1}{a^2\left(\frac{1}{a} - 1\right)}$$

erinnert an die für die Erklärung des Gieichgewichts im Gaszustande gebrauchte Gleichung

$$\left(\frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Molekularvolum}}\right)^2 = (\text{Molekulargewicht})^2.$$

Eine Eigenthümlichkeit der Gleichung

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Atomgewicht}}{\text{Atomvolum}} = \frac{\text{Molekulargewicht}}{\text{Molekularvolum}} = \frac{1}{a^2\left(\frac{1}{a} - 1\right)} X = \frac{1}{c^2\left(\frac{1}{c} - 1\right)} X$$

besteht darin, dass sie unabhängig ist von der absoluten Grösse des Atomgewichts, da eine Veränderung desselben genau dieselbe Veränderung des Atomvolums bedingt, — ferner auch aus demselben Grunde unabhängig ist von der Anzahl der zu einem Molekül vereinigten Atome.

Von einem solch' einfachen Ausdruck kann man nun zwar nicht verlangen, dass er eine genaue Berechnung der Dichte ergeben soll, aber sehr wahrscheinlich wird dieser Ausdruck das wichtigste Glied bilden für den Entwurf einer Zustandsgleichung, welche für den festen Aggregatzustand Gültigkeit haben soll.

Die Gleichung:

$$\text{Dichte} = \frac{1}{a^2\left(\frac{1}{a} - 1\right)} X$$

ergiebt für die Alkalimetalle, wenn wir die uns dafür bekannten Werthe einsetzen:

für Lithium $0{,}594 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 0{,}210$

für Natrium $0{,}97 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)} \cdot 0{,}215$

für Kalium $0{,}86 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)} \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot 0{,}227$

für Rubidium $1{,}52 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)} \cdot 0{,}211$

für Cäsium $1{,}88 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2(7{,}5-1)} \cdot 0{,}217.$

Für die 2werthigen Erdmetalle erinnern wir uns die Atomgravitationen doppelt so gross angenommen zu haben, und für die Berechnung derselben 2 mal so viel Punktsysteme genommen zu haben, wie bei den Alkalimetallen; dementsprechend ergiebt die Dichte-Gleichung

für Beryllium $1{,}66 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)} \cdot 2 \cdot 0{,}207$

für Magnesium $1{,}75 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) 0{,}227$

für Calcium $1{,}7 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)} \frac{2}{\sqrt{2}} \cdot 0{,}225$

für Strontium $2{,}6 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) 0{,}211$

für Baryum $3{,}8 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2(7{,}5-1)} 2 \cdot 0{,}222.$

Für die 3werthigen Erdmetalle erinnern wir uns die Atomgravitationen 3 mal so gross angenommen zu haben,

wie die üblichen Atomgewichte, und für die Berechnung derselben 3 mal so viel Punktpaare genommen zu haben, wie bei den Alkalimetallen. Dementsprechend ergiebt die Dichte-Gleichung

$$\text{für Aluminium} \quad 2{,}6 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2 (2 - 1)} \cdot 3 \cdot 0{,}217$$

$$\text{und für Lanthan} \quad 6{,}1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2 (7{,}5 - 1)} \cdot 3 \cdot 0{,}235.$$

Für Yttrium ist das specifische Gewicht nicht bekannt, und die übrigen 3werthigen seltenen Erdmetalle sind in reinem Zustande so wenig bekannt, dass eine Besprechung derselben verfrüht ist. Aus demselben Grunde sind sie ja auch bei der Berechung der Atomgewichte übergangen worden. Es werden aber gewöhnlich die 3werthigen Elemente Gallium und Indium in eine Reihe mit Aluminium gestellt, und Lecocq de Boibaudran hat aus einer annähernden Gleichmässigkeit der Zunahme der Wellenlängen für gewisse Gruppen von Spectrallinien die drei Elemente Aluminium, Gallium und Indium in Parallele gestellt mit Kalium, Rubidium und Cäsium. In unserer Entwickelung der Atomgewichte hatten wir Ka, Rb, Cs mit $a = \frac{1}{4}; \frac{1}{6}; \frac{1}{7{,}5}$ berechnet; in fast demselben Verhältniss stehen die für die Berechnung der Atomgewichte von Al, Ga, In verwendeten Werthe $a = \frac{1}{2}; \frac{1}{3}; \frac{1}{4}$, und der Versuch, für eine solche Reihe von 3werthigen Elementen auch die specifischen Gewichte in unserer Weise zu berechnen, führt zu dem auffallenden Ergebnis, dass in dieselbe Reihe auch Wismuth und Thallium passen. Es berechnet sich aus

$$\text{Dichte} = \frac{1}{a^2\left(\frac{1}{a} - 1\right)} X$$

für Aluminium $2,6 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2 (2-1)} 3 \cdot 0,216$

für Gallium $6,0 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2 (3-1)} \cdot 6 \cdot 0222$

für Indium $7,2 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2 (4-1)} 6 \cdot 0,223$

für Wismuth $9,7 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2 (6-1)} \cdot 6 \cdot 0,223$

für Thallium $11,8 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2 (7,5-1)} \cdot 6 \cdot 0,227.$

Diese schöne Uebereinstimmung muss leider als zufällig angesehen werden, weil es unmöglich ist, in übereinstimmender Weise Bi = 208 und Tl = 204 mit $a = \frac{1}{6}$ und $a = \frac{1}{7,5}$ zu berechnen.

Die specifischen Gewichte der Elemente Chlor, Brom-Jod scheinen verschieden zu sein, je nachdem sie entweder frei für sich, oder in chemischer Verbindung mit anderen Elementen auftreten. Für den letzteren Fall haben die Untersungen von Kopp ergeben, dass in den organischen Verbindungen, in der Nähe des Siedepunkts derselben gemessen, das Atomvolum von p Atomen Chlor; q Atomen Brom; r Atomen Jod; gleich gesetzt werden kann $p \cdot 22,8$; $q \cdot 27,8$; $r \cdot 37,5$, d. h. es ist also in organischen Verbindungen bei den entsprechenden Temperaturen das specifische Gewicht

für Chlor $\frac{35,4}{22,8} = 1,553$

für Brom $\frac{79,9}{27,8} = 2,875$

für Jod $\frac{126,8}{37,5} = 3,382.$

Aus der Dichte-Gleichung:

$$\text{Dichte} = \frac{1}{a^2\left(\frac{1}{a} - 1\right)} X$$

berechnet sich

für Chlor $1,553 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2 (2 - 1)} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,224$

für Brom $2,875 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2 (6 - 1)} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,230$

für Jod $3,382 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2 (7,5 - 1)} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,226.$

Für gewöhnlich jedoch, d. h. im freien Zustand haben die Elemente Chlor, Brom, Jod, die specifischen Gewichte 1,33; 3,2; 4,95. Zur Berechnung derselben müssen wir unsere Dichte-Gleichung ändern und setzen entsprechend der früheren Berechnung der Atomgewichte

für Chlor: $\text{Dichte} = \frac{1}{a^2} \frac{1}{2(2 + \sqrt{3}) - (1 + \sqrt{3})}$

für Brom und Jod: $\text{Dichte} = \frac{1}{a^2} \frac{1}{2(1 + \sqrt{3}) - 1}.$

Daraus berechnet sich:

für Chlor: $1,33 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} \frac{1}{2(2 + \sqrt{3}) - (1 + \sqrt{3})} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,227$

für Brom: $3,2 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2} \frac{1}{2(1 + \sqrt{3}) - 1} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,228$

für Jod: $4,95 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2} \frac{1}{2(1 + \sqrt{3}) - 1} \cdot \sqrt{3} \cdot 0,226.$

Versuchen wir nun, nach Analogie der für die Atomgewichts-Berechnung angenommenen Dimensionen für die Phosphorreihe und für die Schwefelreihe die specifischen Gewichte zu berechnen.

Es scheint, dass für diese beiden Reihen die Gleichung

Dichte $= \dfrac{1}{a^2\left(\dfrac{1}{a} - 1\right)}$ mit nur wenigen geringen Abänderungen zum Ziele führt. Als a gelten die Werthe $\frac{1}{4}$; $\frac{1}{6}$; $\frac{1}{7{,}5}$. Für Phosphor müssen wir den Ausdruck $\left(\frac{1}{a} - 1\right)$ verändern in $2\left(\frac{1}{a} - \frac{2}{3}\sqrt{3}\right)$. Es berechnen sich so die ersten Modificationen,

für Phosphor $1{,}838 = \dfrac{1}{(\frac{1}{4})^2 \cdot 2(4 - \frac{2}{3}\sqrt{3})} \cdot 3 \cdot 0{,}218$

für Arsen $4{,}71 = \dfrac{1}{(\frac{1}{6})^2(6 - 1)} \cdot 3 \cdot 0{,}223$

für Antimon $5{,}78 = \dfrac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2(7{,}5 - 1)} \cdot 3 \cdot 0{,}220.$

Ferner als zweite Modificationen:

für Phosphor $2{,}16 = \dfrac{1}{(\frac{1}{4})^2\, 2(4 - \frac{2}{3}\sqrt{3})} \cdot 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0{,}222$

für Arsen $5{,}72 = \dfrac{1}{(\frac{1}{6})^2(6 - 1)} \cdot 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0{,}229$

für Antimon $6{,}8 = \dfrac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2(7{,}5 - 1)} \cdot 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0{,}228$

und als dritte Modificationen

für Phosphor $2{,}34 = \dfrac{1}{(\frac{1}{4})^2\, 2 \cdot (4 - \frac{2}{3}\sqrt{3})} \cdot 4 \cdot 0{,}209$

für Arsen $5{,}9 = \dfrac{1}{(\frac{1}{6})^2 \cdot (6 - 1)} \cdot 4 \cdot 0{,}205.$

Bei der Berechnung der specifischen Gewichte für die Schwefelreihe, musste nicht nur für Schwefel der Ausduck $\left(\frac{1}{a} - 1\right)$ verändert werden in $2\left(\frac{1}{a} - \sqrt{2}\right)$, sondern auch für Tellur der Ausdruck $\left(\frac{1}{a} - 1\right)$ verändert

werden in $\left(\frac{1}{a} - \sqrt{2}\right)$. Die Berechnungen ergeben dann für die ersten Modificationen

für Schwefel $1,80 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2 \cdot 2 \cdot (4 - \sqrt{2})} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,206$

für Selen $4,26 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2 (6 - 1)} \cdot 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,210$

für Tellur $5,93 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2 (7,5 - \sqrt{2})} \, 2 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,227.$

Für die zweite Modificationen:

für Schwefel $\begin{cases} 1,96 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2 \cdot 2 (4 - \sqrt{2})} \cdot 3 \cdot 0,211 \\ 2,07 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2 \cdot 2 (4 - \sqrt{2})} \cdot 3 \cdot 0,223 \end{cases}$

für Selen $4,8 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2 (6 - 1)} \cdot 3 \cdot 0,222$

für Tellur $6,38 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2 (7,5 - \sqrt{2})} \cdot 3 \cdot 0,229.$

Die Uebereinstimmung kann als vorläufig genügend gelten. Es ergiebt sich nur, dass dieses Kapitel von den specifischen Gewichten der verschiedenen Modificationen von electronegativen Elementen noch einer gründlichen Bearbeitung bedarf, da das Verständniss für diese Modificationen aus den obigen noch nicht mit genügender Sicherheit gegebenen Verhältnisszahlen noch nicht ohne Weiteres zu entnehmen ist.

Anschliessend an diese mehrwerthigen Elemente können wir für Bor, Kohlenstoff und Silicium Berechnungen der specifischen Gewichte versuchen. Diese 3 Elemente zeigen mit Phosphor und Schwefel, trotz der grossen chemischen und physikalischen Verschiedenheit eine gewisse Aehnlichkeit der Dichten; diese Thatsache steht in Uebereinstimmung mit der früher gegebenen

Berechnung der Atomgewichte dieser Elemente, insofern als sie alle als wesentlichen Bestandtheil die Zahl 7 enthalten, welche abgeleitet wurde als $2\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - 1$.

Die specifischen Gewichte der verschiedenen Modificationen sind

für Bor 1,8 und 2,5
für Kohlenstoff 1,87 2,2 und 3,5
für Silicium 2,0 und 2,5.

Es lässt sich berechnen

für Bor: $1{,}8 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)} \cdot 2 \cdot 0{,}225$ und $2{,}5 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}(1+\sqrt{3})0{,}229$

für Kohlenstoff: $1{,}87 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)} \frac{3}{\sqrt{2}} 0{,}222$; $2{,}2 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}(1+\sqrt{2})0{,}228$; $3{,}5 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\begin{cases} 4 \cdot 0{,}220 \\ (1+2\sqrt{2})0{,}226 \end{cases}$

für Silicium: $2{,}0 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}(\frac{1}{2}+\sqrt{3})0{,}224$; $2{,}5 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}(1+\sqrt{3})0{,}229$.

Das einzige Element, welches ausser den hier besprochenen, im festen Aggregatzustand in 2 Modificationen beobachtet wurde, ist das Zinn. Im gewöhnlichen Zustande ist sein specifisches Gewicht 5·9; es geht aber bei 190° G. über in eine andere Modification mit dem specifischen Gewicht 7,2. Die erste Modification lässt sich berechnen aus der Gleichung Dichte $= \frac{1}{c^2\left(\frac{1}{c}-1\right)} \cdot x$; es zeigt dieses Resultat:

$$5{,}9 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)} \cdot 2(1+\sqrt{2})0{,}228$$

einige Aehnlichkeit mit der Berechnung der Graphitmodification des Kohlenstoffs. Die zweite Modification

lässt sich berechnen nach der Gleichung Dichte $= \frac{1}{c^2} \cdot x$ und zeigt mit

$$7{,}2 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} \cdot 2 \cdot 0{,}225$$

einige Aehnlichkeit mit der Berechnung der Diamantmodification des Kohlenstoffs.

Für die anderen chemischen Elemente habe ich versucht, die specifischen Gewichte theils nach der ersten, theils nach der zweiten Gleichung zu berechnen. Es ergeben sich dabei einzelne recht befriedigende Uebereinstimmungen; aber es sind auch mehrere Zahlen dabei, welche sich nicht ohne Zwang einreihen lassen, und welche ich nur anführe, um zu zeigen, dass meine Berechnungen noch nicht durchweg zu einfachen Ergebnissen geführt haben. —

Die an das Zinn sich anschliessenden Elemente Zirkonium, Germanium und Wismuth lassen ihre specifischen Gewichte berechnen nach der Gleichung Dichte $= \frac{1}{c^2} \cdot x$. Es berechnet sich

für Zirkon $4{,}15 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2} \cdot 2 \cdot 0{,}230$

für Germanium $5{,}5 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2} (1 + \sqrt{3})\, 0{,}223$

für Wismuth $9{,}7 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} \cdot \frac{3}{2} \cdot 0{,}216.$

Nach derselben Gleichung: Dichte $= \frac{1}{c^2} \cdot x$ möchte ich ferner die specifischen Gewichte der meist electronegative Sauerstoffverbindungen liefernden Metalle sowie einiger Platinmetalle berechnen. Es wird mit folgenden Ansätzen, welche wiederum für $\frac{1}{c}$ den aus der Atomgewichtsberechnung bekannten Werth enthalten

für Vanadin $5{,}5 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} \cdot \frac{3}{2} \cdot 0{,}229$

für Tantal $10{,}08 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} \cdot \frac{3}{2} \cdot 0{,}225$

für Mangan $8{,}0 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} (\frac{1}{2} + \sqrt{3}) \cdot 0{,}224$

für Eisen $7{,}86 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} (\frac{1}{2} + \sqrt{3}) \cdot 0{,}220$

für Molybdän $8{,}6 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} (1 + \sqrt{2}) \cdot 0{,}223$

für Wolfram $18{,}0 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} \cdot (1 + \sqrt{3}) \cdot 0{,}220$

für Chrom $6{,}8 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2} (1 + \sqrt{3}) \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 0{,}226$

für Ruthenium $12{,}1 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} (1 + \sqrt{3}) \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 0{,}226$

für Osmium $22{,}48 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} \cdot (1+\sqrt{3}) \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 0{,}225$

für Rhodium $12{,}02 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} (1 + \sqrt{2}) \sqrt{2} \cdot 0{,}220$

für Iridium $22{,}42 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} (1+\sqrt{2}) \sqrt{2} \cdot 0{,}220$

für Palladium $11{,}4 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2} (1 + \sqrt{2}) \cdot \frac{4}{3} \cdot 0{,}221$

für Platin $21{,}48 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} (1 + \sqrt{2}) \frac{4}{3} \cdot 0{,}221.$

Die specifischen Gewichte der Platinmetalle sind hier willkürlich gewählt, aber innerhalb der experimentell ermittelten Grenzen. Es sind beobachtet als specifische Gewichte

für Ruthenium 11,0 —12,26; für Rhodium 11,0 —12,1;
für Palladium 11,4 —12,64; für Osmium 21,3 —22,48;
für Iridium 21,15—22,42; für Platin 21,48.

Für die noch übrig bleibenden Metalle habe ich die specifischen Gewichte berechnet nach der Gleichung

$$\text{Dichte} = \frac{1}{c^2\left(\frac{1}{c}-1\right)} \cdot x.$$

Durch Einsetzen der aus der Atomgewichtsberechnung bekannten Werthe von c erhält man:

für Kobalt $9{,}0 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)} \cdot 9 \cdot 0{,}222$

für Rhodium $11{,}0 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)} \cdot 9\ 0{,}229$

für Iridium $22 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 6 \cdot (1+\sqrt{2}) \cdot 0{,}226$

für Kupfer $8{,}93 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)} \cdot 9 \cdot 0{,}220$

für Silber $10{,}5 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)} \cdot 9 \cdot 0{,}219$

für Quecksilber $13{,}6 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 9 \cdot 0{,}226$

für Gold $19{,}3 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 9 \cdot \sqrt{2} \cdot 0{,}226$

für Zink $7{,}2 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)} \cdot 3(1+\sqrt{2})0{,}221$

für Cadmium $8{,}5 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\ 3 \cdot (1+\sqrt{2}) \cdot 0{,}221$

für Thorium $11{,}0 = \dfrac{1}{\left[\dfrac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2 [2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 3(1+\sqrt{2})\,0{,}226$

für Blei $11{,}5 = \dfrac{1}{\left[\dfrac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2 [2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 8 \cdot 0{,}215$

für Thallium $11{,}8 = \dfrac{1}{\left[\dfrac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2 [2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 8 \cdot 0{,}220$

für Gallium $6{,}0 = \dfrac{1}{(\frac{1}{3})^2 (3-1)} \cdot 6 \cdot 0{,}222$

für Indium $7{,}2 = \dfrac{1}{(\frac{1}{4})^2 (4-1)} \cdot 6 \cdot 0{,}225$

für Niob $7{,}06 = \dfrac{1}{(\frac{1}{4})^2 (4-1)} \cdot 6 \cdot 0{,}220$

für Cer $6{,}7 = \dfrac{1}{(\frac{1}{4})^2 (4-1)}\, 2 \cdot (1+\sqrt{3})\,0{,}230$

für Nickel $8{,}8 = \dfrac{1}{(\frac{1}{3})^2 (3-1)}\, 9 \cdot 0{,}217$

für Mangan $8{,}0 = \dfrac{1}{(\frac{1}{3})^2 (3-1)} \cdot 8 \cdot 0{,}222$

für Eisen $7{,}86 = \dfrac{1}{(\frac{1}{3})^2 (3-1)} \cdot 8 \cdot 0{,}218$

für Uran $18{,}5 = \dfrac{1}{\left[\dfrac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2 [2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 12 \cdot 0{,}230$

für Molybdän $8{,}6 = \dfrac{1}{(\frac{1}{4})^2 (4-1)} \cdot 3(1+\sqrt{2}) \cdot 0{,}224$

für Wolfram $18{,}0 = \dfrac{1}{\left[\dfrac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2 [2(1+\sqrt{3})-1]} \cdot 12 \cdot 0{,}224.$

Die durch diese Berechnungen gewonnenen Resultate sind in beigegebener Tabelle der specifischen Ge-

wichte zusammengestellt. Es zeigen sich in derselben mehrere scharf ausgeprägte Beziehungen, es fehlt aber noch die wünschenswerthe Uebersichtlichkeit und es soll einer besonderen Bearbeitung vorbehalten bleiben, diese Berechnungen der specifischen Gewichte, erstens unter sich in deutlicheren Zusammenhang zu bringen und zweitens auch in besseren Einklang zu setzen mit der Berechnung der Atomgewichte.

XI. Schluss.

Im Anschluss an dieses Kapitel liessen sich eine ganze Anzahl von physikalischen Eigenschaften der chemischen Elemente und ihrer Verbindungen in unsere Besprechung einfügen. Ich will aber hier nur noch darauf aufmerksam machen, dass für die Beziehung zwischen Schmelzpunkt und Ausdehnungscoëfficient Pictet die Formel aufgestellt hat

$$\frac{\alpha \cdot T}{\sqrt[3]{\frac{d}{p}}} = \text{Constante},$$

in welcher α den Ausdehnungscoëfficienten, T die vom absoluten Nullpunkt (— 273°) gerechnete Temperatur des Schmelzpunktes, d das specifische Gewicht und p das Atomgewicht bedeutet.

Dem gegenüber haben P. Freuchen und V. Poulson nachgewiesen, dass bei 18 Elementen die Gleichung

$$\alpha T = \text{Constante}$$

denselben Werth = 2036 berechnen lässt.

Nach meiner Ansicht sind beide Gleichungen nicht allgemein anwendbar; ich vermuthe, dass Ausdehnung und Schmelzpunkt wohl in gewissem Verhältniss zu einander stehen, aber, dass, weil die Wärme-Ausdehnung vielfach nach verschiedenen Richtungen verschieden ist, der Schmelzpunkt abhängig wird von einer nach einer

bestimmten Richtung eintretenden Lockerung der molekularen Bindung, — dass wir also nach den vorhergegangenen Auseinandersetzungen wohl erwarten können, mit der Aufstellung eines Gesetzes für das Verhältniss zwischen Ausdehnung und Schmelzpunkt auch eine Controlle für die Structur und das specifische Gewicht des betreffenden Körpers zu gewinnen. Für eine solche Aufgabe scheinen mir noch werthvoller und lehrreicher als die eben erwähnte Pictet'sche Gleichung und deren vereinfachte Form die von Wiebe in den Ber. d. deutsch. chem. Ges. Jahrgang 11, 12 und 13 veröffentlichten Beobachtungen und Speculationen zu sein. Hoffentlich wird, trotz des etwas lückenhaften experimentell gewonnenen Materials, eine solche Aufgabe durch meine in dieser Arbeit gegebenen Anschauungsweise gefördert werden.

Zum Schluss sei mir noch erlaubt, darauf hinzuweisen, dass meine Berechnungen von Atomfiguren zum Theil Resultate liefern, welche mit dem Dulong-Petitschen Gesetz in Widerspruch stehen; ich hoffe aber, dass dieser Widerspruch sich nur als scheinbar erweisen wird und glaube, dass eine sehr einfache Lösung dieser Frage möglich ist. Es scheint mir aber verfrüht auf die Besprechung dieser Frage einzugehen, weil dazu sehr eingehende Erörterungen noch nothwendig wären.

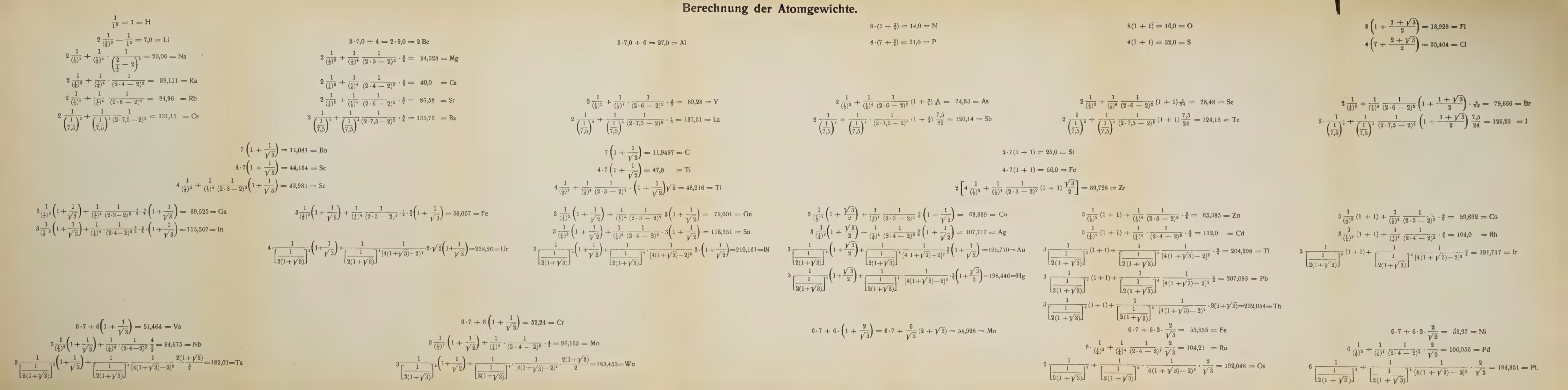
Wenn man weiter über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Elemente Umschau hält, sind der Aufgaben fast unzählige, welche einer neuen klärenden Bearbeitung bedürfen, und ich kann hier nur die Hoffnung aussprechen, dass meine Auffassung von dem Wesen der Atome ein Mittel geben werde für ein besseres Verständniss derselben.

Es sollte diese Arbeit nur gleichsam eine orientirende Excursion in ein bisher unbekanntes Gebiet bedeuten; streng genommen habe ich nur wenige Kapitel consequent durchgeführt und erschöpfend behandelt. Es liegt aber

einigermassen in der Natur der Sache, dass eine vollständige Ausarbeitung in einem so knappen Rahmen nicht gegeben werden konnte. Dennoch hoffe ich durch diese Arbeit, welche eine grössere Anzahl unwiderleglicher neuer Thatsachen enthält, das Bewusstsein zu wecken, dass damit eine neue, ernste und lohnende Aufgabe an die Wissenschaft herangetreten ist.

Inhalts-Uebersicht.

Breslau, Eduard Trewendt's Buchdruckerei (Setzerinnenschule).



Berechnung der Atomgewichte.

$$\frac{1}{1^2} = 1 = \text{H}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{2})^2} - \frac{1}{1^2} = 7{,}0 = \text{Li}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4} \cdot \frac{1}{\left(\frac{2}{\frac{1}{3}} - 2\right)^2} = 23{,}06 = \text{Na}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4} \cdot \frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2} = 39{,}111 = \text{Ka}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{6})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 6 - 2)^2} = 84{,}96 = \text{Rb}$$

$$2\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^4}\,\frac{1}{(2\cdot 7{,}5 - 2)^2} = 131{,}11 = \text{Cs}$$

$$2\cdot 7{,}0 + 4 = 2\cdot 9{,}0 = 2\ \text{Be}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\cdot\frac{5}{4} = 24{,}328 = \text{Mg}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\cdot\frac{9}{8} = 40{,}0 = \text{Ca}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{6})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 6 - 2)^2}\cdot\frac{9}{8} = 86{,}58 = \text{Sr}$$

$$2\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^4}\,\frac{1}{(2\cdot 7{,}5 - 2)^2}\cdot\frac{5}{4} = 135{,}76 = \text{Ba}$$

$$3\cdot 7{,}0 + 6 = 27{,}0 = \text{Al}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{6})^4}\cdot\frac{1}{(2\cdot 6 - 2)^2}\cdot\frac{4}{3} = 89{,}28 = \text{Y}$$

$$2\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^4}\,\frac{1}{(2\cdot 7{,}5 - 2)^2}\cdot\frac{4}{3} = 137{,}31 = \text{La}$$

$$8\cdot(1 + \tfrac{3}{4}) = 14{,}0 = \text{N}$$

$$4\cdot(7 + \tfrac{3}{4}) = 31{,}0 = \text{P}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{6})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 6 - 2)^2}\,(1 + \tfrac{3}{4})\,\tfrac{6}{48} = 74{,}83 = \text{As}$$

$$2\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^4}\cdot\frac{1}{(2\cdot 7{,}5 - 2)^2}\,(1 + \tfrac{3}{4})\,\frac{7{,}5}{32} = 120{,}14 = \text{Sb}$$

$$8(1 + 1) = 16{,}0 = \text{O}$$

$$4(7 + 1) = 32{,}0 = \text{S}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{6})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 6 - 2)^2}\,(1 + 1)\,\tfrac{6}{24} = 78{,}48 = \text{Se}$$

$$2\,\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^4}\,\frac{1}{(2\cdot 7{,}5 - 2)^2}\,(1 + 1)\,\frac{7{,}5}{24} = 124{,}13 = \text{Te}$$

$$8\left(1 + \frac{1 + \sqrt{3}}{2}\right) = 18{,}928 = \text{Fl}$$

$$4\left(7 + \frac{2 + \sqrt{3}}{2}\right) = 35{,}464 = \text{Cl}$$

$$2\,\frac{1}{(\frac{1}{6})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{6})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 6 - 2)^2}\left(1 + \frac{1 + \sqrt{3}}{2}\right)\cdot\tfrac{6}{24} = 79{,}666 = \text{Br}$$

$$2\cdot\frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^2} + \frac{1}{\left(\frac{1}{7{,}5}\right)^4}\,\frac{1}{(2\cdot 7{,}5 - 2)^2}\left(1 + \frac{1 + \sqrt{3}}{2}\right)\frac{7{,}5}{24} = 126{,}23 = \text{I}$$

$$7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 11{,}041 = \text{Bo}$$

$$4\cdot 7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 44{,}164 = \text{Sc}$$

$$4\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 43{,}981 = \text{Sc}$$

$$7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 11{,}9497 = \text{C}$$

$$4\cdot 7\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 47{,}8 = \text{Ti}$$

$$4\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\cdot\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right)\sqrt{2} = 48{,}216 = \text{Ti}$$

$$2\cdot 7(1 + 1) = 28{,}0 = \text{Si}$$

$$4\cdot 7(1 + 1) = 56{,}0 = \text{Fe}$$

$$2\left[4\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\,(1 + 1)\,\frac{\sqrt{3}}{2}\right] = 89{,}728 = \text{Zr}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\cdot\tfrac{3}{2}\cdot\tfrac{9}{4}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 69{,}525 = \text{Ga}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\cdot\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\,\tfrac{3}{2}\cdot\tfrac{9}{4}\cdot\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 113{,}567 = \text{In}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\cdot\tfrac{3}{4}\cdot\tfrac{9}{4}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 56{,}057 = \text{Fe}$$

$$4\cdot\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\,\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\cdot 2\cdot\sqrt{2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 238{,}26 = \text{Ur}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\,3\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 72{,}001 = \text{Ge}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\cdot 3\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 118{,}351 = \text{Sn}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\cdot\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\,3\cdot\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 210{,}161 = \text{Bi}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\,\tfrac{3}{2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 63{,}339 = \text{Cu}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\,\tfrac{3}{2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 107{,}717 = \text{Ag}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\,\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\,\tfrac{3}{2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 195{,}770 = \text{Au}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\cdot\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\cdot\tfrac{3}{2}\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right) = 198{,}446 = \text{Hg}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\,(1 + 1) + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\cdot\tfrac{9}{4} = 65{,}385 = \text{Zn}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,(1 + 1) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\cdot\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\cdot\tfrac{9}{4} = 112{,}0 = \text{Cd}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}(1 + 1) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\,\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\cdot\tfrac{9}{4} = 204{,}298 = \text{Tl}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}(1 + 1) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\,\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\,\tfrac{5}{2} = 207{,}093 = \text{Pb}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}(1 + 1) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\cdot\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2)^2}\cdot 3(1 + \sqrt{3}) = 232{,}054 = \text{Th}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\,(1 + 1) + \frac{1}{(\frac{1}{3})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 3 - 2)^2}\cdot\tfrac{9}{8} = 59{,}692 = \text{Co}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,(1 + 1) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\cdot\tfrac{9}{8} = 104{,}0 = \text{Rh}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}(1 + 1) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\cdot\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\,\tfrac{9}{8} = 191{,}717 = \text{Ir}$$

$$6\cdot 7 + 6\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 51{,}464 = \text{Va}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\cdot\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\,\frac{4}{\frac{3}{2}} = 94{,}675 = \text{Nb}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}}\right) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\,\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\,\frac{2(1+\sqrt{3})}{\frac{3}{2}} = 182{,}01 = \text{Ta}$$

$$6\cdot 7 + 6\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) = 52{,}24 = \text{Cr}$$

$$3\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\cdot\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\cdot\tfrac{4}{2} = 96{,}163 = \text{Mo}$$

$$3\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}}\right) + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\cdot\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\cdot\frac{2(1+\sqrt{3})}{2} = 183{,}453 = \text{Wo}$$

$$6\cdot 7 + 6\cdot\left(1 + \frac{2}{\sqrt{3}}\right) = 6\cdot 7 + \frac{6}{\sqrt{3}}\,(2 + \sqrt{3}) = 54{,}928 = \text{Mn}$$

$$6\cdot 7 + 6\cdot 2\cdot\frac{2}{\sqrt{3}} = 55{,}855 = \text{Fe}$$

$$6\cdot\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\,\frac{2}{\sqrt{3}} = 104{,}21 = \text{Ru}$$

$$6\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\cdot\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2)^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{3}} = 192{,}048 = \text{Os}$$

$$6\cdot 7 + 6\cdot 2\cdot\frac{2}{\sqrt{2}} = 58{,}97 = \text{Ni}$$

$$6\,\frac{1}{(\frac{1}{4})^2} + \frac{1}{(\frac{1}{4})^4}\,\frac{1}{(2\cdot 4 - 2)^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{2}} = 106{,}056 = \text{Pd}$$

$$6\,\frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2} + \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^4}\,\frac{1}{[4(1+\sqrt{3}) - 2]^2}\cdot\frac{2}{\sqrt{2}} = 194{,}951 = \text{Pt.}$$



Berechnung der specifischen Gewichte.

Li) $0,594 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\,0,210$

Na) $0,97 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\cdot 0,215$

Ka) $0,86 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0,227$

Rb) $1,52 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\,0,211$

Cs) $1,88 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-1)}\cdot 0,217$

Ba) $1,66 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\,2\cdot 0,207$

Mg) $1,75 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\cdot\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)0,227$

Ca) $1,7 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\,\frac{2}{\sqrt{2}}\cdot 0,225$

Sr) $2,6 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)0,211$

Ba) $3,8 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-1)}\,2\cdot 0,222$

Al) $2,6 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\cdot 3\cdot 0,210$

La) $6,1 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-1)}\cdot 3\cdot 0,235$

Ga) $6,0 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\cdot 6\cdot 0,222$

In) $7,2 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot 6\cdot 0,225$

Bi) $9,7 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\,6\cdot 0,223$

Tl) $11,8 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-1)}\cdot 6\cdot 0,227$

Cl) $1,33 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,\frac{1}{2(2+\sqrt{3})-(1+\sqrt{3})}\sqrt{3}\cdot 0,227$

Br) $3,2 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2}\,\frac{1}{2(1+\sqrt{3})-1}\sqrt{3})\cdot 0228$

I) $4,95 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2}\,\frac{1}{2(1+\sqrt{3})-1)}\cdot\sqrt{3}\cdot 0,226$

Cl) $1,553 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\cdot\sqrt{3}\cdot 0,224$

Br) $2,875 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\cdot\sqrt{3}\cdot 0,230$

I) $3,382 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)(7,5-1)}\cdot\sqrt{3}\cdot 0,226$

P) $1,838 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2\,2(4-\frac{2}{3}\sqrt{3})}\,3\cdot 0,218$

As) $4,71 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\cdot 3\cdot 0,223$

Sb) $5,78 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-1)}\cdot 3\cdot 0,220$

P) $2,16 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2\,2(4-\frac{2}{3}\sqrt{3})}\cdot 2\sqrt{3}\cdot 0222$

As) $5,72 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\cdot 2\sqrt{3}\cdot 0,229$

Sb) $6,8 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-1)}\cdot 2\sqrt{3}\cdot 0,228$

P) $2,34 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2\cdot 2(4-\frac{2}{3}\sqrt{3})}\cdot 4\cdot 0,209$

As) $5,9 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\cdot 4\cdot 0,205$

S) $1,80 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2\cdot 2(4-\sqrt{2})}\,2\cdot\sqrt{2}\cdot 0,206$

Se) $4,26 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\cdot 2\cdot\sqrt{2}\cdot 0,210$

Te) $5,93 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-\sqrt{2})}\cdot 2\sqrt{2}\cdot 0,227$

S) $1,96 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2\,2(4-\sqrt{2})}\cdot 3\cdot 0,211$

S) $2,07 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2\,2(4-\sqrt{2})}\cdot 3\cdot 0,223$

Se) $4,8 = \frac{1}{(\frac{1}{6})^2(6-1)}\cdot 3\cdot 0,222$

Te) $6,38 = \frac{1}{\left(\frac{1}{7,5}\right)^2(7,5-\sqrt{2})}\cdot 3\cdot 0,229$

Bo) $1,8 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\,2\cdot 0,225$

Bo) $2,5 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\cdot(1+\sqrt{3})0,229$

C) $1,87 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\cdot\frac{3}{\sqrt{2}}\cdot 0,222$

C) $2,2 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\cdot(1+\sqrt{2})\cdot 0,228$

Sn) $5,9 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot 2(1+\sqrt{2})0,228$

C) $3,5 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2}\cdot 4\cdot 0,220$

Ge) $5,5 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\,2\cdot\sqrt{2}\cdot 0,216$

Sn) $7,2 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\cdot 2\cdot 0,225$

Zr) $4,15 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\cdot 2\cdot 0,230$

Th) $11,0 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\left(1+\frac{1}{\sqrt{2}}\right)0,216$

Si) $2,0 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2}\,(\frac{1}{2}+\sqrt{3})\cdot 0,224$

Fe) $7,86 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,(\frac{1}{2}+\sqrt{3})\cdot 0,220$

Mn) $8,0 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,(\frac{1}{2}+\sqrt{3})0,224$

Si) $2,5 = \frac{1}{(\frac{1}{2})^2(2-1)}\cdot(1+\sqrt{3})0,229$

Ce) $6,7 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot(1+\sqrt{3})0,230$

Nb) $7,06 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\,6\cdot 0,220$

Ga) $6,0 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\,6\cdot 0,222$

In) $7,2 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot 6\cdot 0,225$

Bi) $9,7 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\cdot 9\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot 0,227$

Fe) $7,86 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\cdot 8\cdot 0,220$

Mo) $8,6 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot 3(1+\sqrt{2})0,223$

Wo) $18 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\cdot 12\cdot 0,224$

Ur) $18,5 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\,12\cdot 0,230$

Cu) $8,93 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\,9\cdot 0,220$

Ag) $10,5 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot 9\cdot 0,219$

Hg) $13,6 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\cdot 9\cdot 0,226$

Au) $19,3 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\cdot 9\cdot\sqrt{2}\cdot 0,226$

Zn) $7,2 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\cdot 3(1+\sqrt{2})\cdot 0,221$

Cd) $8,5 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot 3(1+\sqrt{2})\cdot 0,221$

Th) $11,0 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\,3\cdot(1+\sqrt{2})\cdot 0,226$

Tl) $11,8 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\cdot 8\cdot 0,220$

Mn) $8,0 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(2-1)}\,8\cdot 0,222$

Pb) $11,5 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1]}\cdot 8\cdot 0,215$

Co) $9,0 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2(3-1)}\cdot 9\cdot 0,222$

Rh) $11,0 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2(4-1)}\cdot 9\cdot 0,229$

Ir) $22 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2[2(1+\sqrt{3})-1)}\cdot 6(1+\sqrt{2})0,226$

Va) $5,5 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\cdot\frac{3}{2}\cdot 0,29$

Ta) $10,08 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\cdot\frac{3}{2}\cdot 0,225$

Bi) $9,7 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\cdot\frac{3}{2}\cdot 0,216$

Cr) $6,8 = \frac{1}{(\frac{1}{3})^2}\,(1+\sqrt{3})\sqrt{\tfrac{3}{2}}\cdot 0,226$

Ru) $12,1 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,(1+\sqrt{3})\sqrt{\tfrac{3}{2}}\cdot 0,226$

Os) $22,48 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\,(1+\sqrt{3})\sqrt{\tfrac{3}{2}}\cdot 0,225$

Rh) $12,02 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,(1+\sqrt{2})\sqrt{2}\cdot 0,220$

Ir) $22,42 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\,(1+\sqrt{2})\sqrt{2}\cdot 0,220$

Pd) $11,4 = \frac{1}{(\frac{1}{4})^2}\,(1+\sqrt{2})\,\frac{4}{3}\,0,221$

Pt) $21,48 = \frac{1}{\left[\frac{1}{2(1+\sqrt{3})}\right]^2}\,(1+\sqrt{2})\,\frac{4}{3}\cdot 0,223$

